

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA**

**“DESARROLLO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE HARINA  
DE LAS SEMILLAS DEL ÁRBOL DE PAN (*Artocarpus camansi*) Y  
DETERMINACIÓN DE UNA MEZCLA NUTRITIVA CON HARINA DE  
SOYA (*Glycine max* L) PARA USO HUMANO”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL**

**FRANCISCO JAVIER BENÍTEZ ALTUNA**  
benitez.franco23@gmail.com

**DIRECTOR: ING. JORGE DÁVILA TORRES**  
jorge.davilat@epn.edu.ec

**Quito, Febrero 2011**

© Escuela Politécnica Nacional 2011  
Reservados todos los derechos de reproducción

## DECLARACIÓN

Yo Francisco Javier Benítez Altuna, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

---

Francisco Javier Benítez Altuna

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Francisco Javier Benítez Altuna, bajo mi supervisión.

---

Ing. Jorge Dávila Torres  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi familia, amigos y todas las personas que de una u otra forma colaboraron con la consecución de este proyecto.*

*Al Ing. Jorge Dávila, Ing. Oswaldo Acuña y al Dr. Patricio Castillo, por todo el tiempo que me han dado, por sus sugerencias e ideas de las que tanto provecho he sacado, por el respaldo y la amistad.*

*Al señor Héctor Ortiz por su ayuda incondicional en la Planta Piloto del DECAB.*

## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis a toda mi familia.*

*En especial a mis padres Mario y Gaby.*

## RESUMEN

El presente trabajo describe el desarrollo de dos procesos tecnológicos para la elaboración de harina de las semillas del árbol de pan, y su posterior mezcla con harina de soya desgrasada. Los ensayos para estos procesos se llevaron a cabo en la planta piloto del Departamento de Ciencia de Alimentos y Biotecnología (DECAB) de la Escuela Politécnica Nacional.

La fruta de pan utilizada provino de la Provincia de Sto. Domingo de los Tsáchilas, tanto la fruta de pan como la harina obtenida de las semillas fueron caracterizadas física, química y nutricionalmente. Los resultados mostraron que la harina de las semillas del árbol de pan presenta un alto contenido de proteína de 11,4% y contenido de grasa de 7,85%, además es una buena fuente de minerales como fósforo con 151,2 mg/100 g y hierro con 5,54 mg/100 g y vitaminas como B3 con 5,57 mg/100 g. Los aminoácidos más representativos encontrados son, fenilalanina + tirosina con 89,76 mg/g proteína, treonina con 44,46 mg/g proteína e isoleucina con 36,07 mg/g proteína.

Para definir la composición de la mezcla nutritiva, compuesta de harina de las semillas del árbol de pan y harina de soya desgrasada, se determinó el aminoácido limitante en cada una de las harinas, el resultado fue metionina + cisteína y triptófano respectivamente.

En base a los aminoácidos limitantes y con la finalidad de optimizar el contenido de proteína asimilable, se definió que la mezcla nutritiva está compuesta de 80% de harina de las semillas del árbol de pan y 20% de la harina de soya desgrasada.

En 50 g de la mezcla nutritiva se encontró 182,39 kcal, 9,31 g de proteína, 3,23 g de grasa y 28,98 g de carbohidratos, por lo que se puede decir que la harina de mezcla nutritiva posee las características necesarias para ser utilizada como suplemento nutricional.

La mezcla nutritiva se combinó con harina de trigo, en proporciones de 25%, 50% y 75%, para la elaboración de galletas y pan.

Las encuestas de aceptabilidad de los productos elaborados, mostraron que en galletas, la mezcla, en todas las proporciones tuvo una buena aceptación; mientras que en pan, la mezcla con más aceptación fue la de proporción de 50% de mezcla nutritiva y 50% de harina de trigo.

Para determinar la rentabilidad de este proyecto se realizó el cálculo de costos generados en el procesamiento de 1.000 kg de materia prima por día, monto definido por la capacidad de la maquinaria, el análisis financiero del proyecto dio como resultado una TIR de 28% y un VAN de USD 224.771,67.

## INTRODUCCIÓN

En el Ecuador el sector frutícola es pionero en el aprovechamiento exitoso de la biodiversidad, con un mercado internacional altamente interesado por los recientes descubrimientos sobre el efecto saludable de su consumo y su alto potencial económico.

Lamentablemente el árbol de pan no es muy conocido a nivel nacional, por lo tanto no posee cifras de su producción y mucho menos datos científicos de sus características nutritivas y medicinales.

Un detalle sobre su producción es que cada fruto del árbol de pan contiene alrededor de 46 a 94 semillas por fruto y cada árbol puede llegar a producir un promedio de 700 frutos por año. (Bennett y Nozzolillo, 1987)

Entre las investigaciones más interesantes disponibles se indica que el cultivo del árbol de pan es económico, que la producción es tan buena como la del maíz pero sin los grandes problemas que se da en el cultivo de maíz. También se dice que la harina de trigo se asemeja mucho a la composición seca del árbol de pan, con la diferencia que la harina de trigo tiene más proteína, pero menos grasas, minerales y vitaminas que el árbol de pan. (Nagy, *et al.*, 1990)

Las semillas de árbol de pan poseen por lo menos 14 aminoácidos, de los cuales 5 son aminoácidos esenciales, en cantidades comparables a los cereales y legumbres. (Quijano y Arango, 1979)

Finalmente este proyecto busca motivar a los agricultores de las zonas tropicales a que den inicio a la producción del árbol de pan, el cual les brinda una alternativa de desarrollo por el gran potencial que tiene este cultivo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	I
INTRODUCCIÓN .....	III
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	X
ÍNDICE DE ANEXOS .....	XII
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	1
1.1 GUÍA TÉCNICA DEL CULTIVO DEL ÁRBOL DE PAN.....	1
1.1.1 TAXONOMÍA .....	1
1.1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES .....	1
1.1.3 CONDICIONES DE CRECIMIENTO .....	4
1.1.4 PROPAGACIÓN .....	5
1.1.4.1 Propagación con semilla.....	5
1.1.4.2 Trasplante.....	6
1.1.4.3 Cultivo.....	6
1.1.4.4 Cosecha.....	7
1.1.4.5 Almacenamiento .....	7
1.1.4.6 Producción y productividad.....	8
1.2 PROCESAMIENTO DE SEMILLAS PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA .....	8
1.2.1 SELECCIÓN DE SEMILLAS.....	9
1.2.2 PESAJE Y LIMPIEZA .....	9
1.2.3 DESPULPADO .....	10
1.2.4 LAVADO DE LA SEMILLA.....	10
1.2.5 COCCIÓN Y PELADO DE LA SEMILLA .....	10

1.2.6 SECADO .....	10
1.2.7 MOLIENDA Y TAMIZADO .....	10
1.3 OPCIONES DE PROCESAMIENTO DEL ÁRBOL DE PAN.....	11
1.3.1 RAÍZ .....	11
1.3.2 TRONCO .....	11
1.3.3 LÁTEX .....	11
1.3.4 HOJAS.....	12
<b>2. PARTE EXPERIMENTAL .....</b>	<b>13</b>
2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN .....	13
2.1.1 MATERIA PRIMA .....	13
2.1.2 METODOLOGÍA .....	13
2.1.2.1 Caracterización física .....	13
2.1.2.2 Caracterización química .....	14
2.1.2.3 Caracterización de vitaminas y minerales.....	15
2.2 PROCESAMIENTO DE LA SEMILLA DEL ÁRBOL DE PAN PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA.....	15
2.2.1 CLASIFICACIÓN Y PESAJE .....	17
2.2.2 EXTRACCIÓN DE LA SEMILLA.....	17
2.2.3 COCCIÓN.....	17
2.2.4 PELADO .....	18
2.2.5 TROCEADO .....	18
2.2.6 SECADO .....	18
2.2.7 MOLIENDA Y TAMIZADO .....	18
2.2.8 MOLIENDA HÚMEDA .....	19

2.2.9 SECADO DE LA PASTA .....	19
2.2.10 PRUEBA DE ESTABILIDAD.....	19
2.3 FORMULACIÓN DE UNA MEZCLA NUTRITIVA CON BASE EN LA HARINA OBTENIDA.....	19
2.4 CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LA MEZCLA NUTRITIVA.....	21
2.5 CARACTERIZACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LA MEZCLA EN PRODUCTOS LISTOS PARA EL CONSUMO HUMANO.....	22
2.5.1 PREPARACIÓN DE GALLETAS .....	23
2.5.2 PREPARACIÓN DE PAN .....	24
2.6 ANÁLISIS DE FACTORES DE COSTO DEL PROCESO .....	24
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>25</b>
3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN .....	25
3.1.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA.....	25
3.1.1.1 Peso .....	25
3.1.1.2 Dimensiones.....	25
3.1.1.3 Rendimiento.....	25
3.1.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y FUNCIONAL DE LA SEMILLA.....	27
3.2 PROCESAMIENTO DE LA SEMILLA DEL ÁRBOL DE PAN PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA.....	28

3.3 CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE LAS SEMILLAS DEL ÁRBOL DE PAN .....	32
3.3.1 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y FUNCIONAL DE LA HARINA .....	32
3.3.2 ESTABILIDAD DE LA HARINA DE LAS SEMILLAS DEL ÁRBOL DE PAN.....	37
3.4 FORMULACIÓN DE UNA MEZCLA NUTRITIVA CON BASE EN LA HARINA OBTENIDA.....	39
3.5 CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LA HARINA DE LA MEZCLA NUTRITIVA.....	43
3.6 CARACTERIZACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LA MEZCLA EN PRODUCTOS LISTOS PARA EL CONSUMO HUMANO.....	45
3.6.1 CARACTERIZACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LA MEZCLA NUTRITIVA ÓPTIMA .....	46
3.6.2 CARACTERIZACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LAS GALLETAS.....	47
3.6.3 CARACTERIZACIÓN DEL PAN .....	48
3.7 ANÁLISIS DE FACTORES DE COSTO DEL PROCESO .....	49
3.7.1 MATERIALES DIRECTOS .....	49
3.7.2 MANO DE OBRA DIRECTA .....	50
3.7.3 SUMINISTROS.....	50
3.7.4 RENTABILIDAD.....	51
<b>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>52</b>
4.1 CONCLUSIONES .....	52

4.2 RECOMENDACIONES .....	54
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	56
<b>ANEXOS</b> .....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1.</b> Foto de una flor femenina.....	2
<b>Figura 1.2.</b> Foto de una flor masculina.....	2
<b>Figura 1.3.</b> Foto de una hoja.....	3
<b>Figura 1.4.</b> Foto de una fruta con corte transversal y longitudinal .....	3
<b>Figura 1.5.</b> Foto de las semillas del árbol de pan .....	4
<b>Figura 2.1.</b> Diagrama de flujo de los procesos para la obtención de harina de la semilla del árbol de pan.....	16
<b>Figura 3.1.</b> Diagrama de flujo para la obtención de harina de la semilla del árbol de pan .....	29
<b>Figura 3.2.</b> Determinación del tiempo de secado a diferentes temperaturas.....	31
<b>Figura 3.3.</b> Composición óptima de HMN, según el aminoácido limitante de cada harina.....	41
<b>Figura 3.4.</b> Composición óptima de HMN, según el aminoácido limitante de la mezcla. ....	42
<b>Figura 3.5.</b> Resultado de la prueba de medición del grado de satisfacción en las mezclas de HMN. ....	46
<b>Figura 3.6.</b> Resultado de la prueba de medición del grado de satisfacción en la galleta.....	47
<b>Figura 3.7.</b> Resultado de la prueba de medición del grado de satisfacción en el pan .....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1.</b> Productividad de árboles de pan adultos .....	8
<b>Tabla 1.2.</b> Valores nutritivos del árbol de pan comparados con otros alimentos (en 100g de alimento) .....	9
<b>Tabla 2.1.</b> Métodos utilizados para la caracterización química. ....	14
<b>Tabla 2.2.</b> Métodos utilizados para la caracterización funcional. ....	15
<b>Tabla 2.3.</b> Equipo utilizado en la obtención de harina de las semillas del árbol de pan .....	17
<b>Tabla 2.4.</b> Requerimientos de aminoácidos en infantes preescolares de 2–5 años propuestos por la FAO.....	20
<b>Tabla 2.5.</b> Composición química de harina de soya desgrasada.....	22
<b>Tabla 2.6.</b> Porcentajes de HMN y harina de trigo utilizados en los ensayos.....	22
<b>Tabla 2.7.</b> Fórmula utilizada en la elaboración de galletas .....	23
<b>Tabla 2.8.</b> Fórmula utilizada en la elaboración de pan.....	24
<b>Tabla 3.1.</b> Rendimientos de la fruta del árbol de pan comparado con los resultados de Acero (1998) .....	26
<b>Tabla 3.2.</b> Composición bromatológica de las semillas frescas del árbol de pan comparada con los resultados de Ragone (2006) y Acero (1998).....	27
<b>Tabla 3.3.</b> Composición bromatológica de la harina de las semillas del árbol de pan comparado con los resultados de Oshodi (1999) y Ragone (2006) .....	32
<b>Tabla 3.4.</b> Análisis bromatológico de la harina de las semillas del árbol de pan comparado con harina de trigo y de soya desgrasada .....	34
<b>Tabla 3.5.</b> Composición de aminoácidos (mg/g proteína) de la harina de las semillas del árbol de pan comparada con la presentada por Oshodi (1999).....	36

<b>Tabla 3.6.</b> Análisis microbiológico de la harina de las semillas del árbol de pan comparados con los límites de aceptación y rechazo de la NTE INEN 616-3R.....	38
<b>Tabla 3.7.</b> Comparación de la cantidad aminoácidos (mg/g proteína) de la harina de las semillas del árbol de pan, con los requerimientos propuestos por la FAO. ....	39
<b>Tabla 3.8.</b> Comparación de la cantidad aminoácidos (mg/g proteína) de la harina de soya desgrasada, con los requerimientos propuestos por la FAO. ....	40
<b>Tabla 3.9.</b> Formulación de la mezcla nutritiva a base de harina de semillas de árbol de pan (80%) y harina de soya desgrasada (20%) .....	43
<b>Tabla 3.10.</b> Contenido nutricional de la mezcla nutritiva en 100 g. ....	44
<b>Tabla 3.11.</b> Comparación del contenido nutricional de la harina de la mezcla nutritiva con los requerimientos diarios para niños preescolares de 3 a 6 años.....	45
<b>Tabla 3.12.</b> Requerimiento de materiales directos.....	50
<b>Tabla 3.13.</b> Requerimiento de mano de obra.....	50
<b>Tabla 3.14.</b> Requerimiento de suministros.....	51

## ÍNDICE DE ANEXOS

### **ANEXO I.**

ELABORACIÓN HARINA DE LAS SEMILLAS DEL ÁRBOL DE PAN ..... 61

### **ANEXO II**

MEDICIONES FÍSICAS DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN ..... 64

### **ANEXO III**

BALANCE DE MASA ..... 65

### **ANEXO IV**

REQUERIMIENTO DE ENERGÍA ..... 70

### **ANEXO V**

RECETAS ELABORACIÓN DE GALLETAS Y PAN ..... 72

### **ANEXO VI**

ENCUESTAS ..... 73

### **ANEXO VII**

VALORES NUTRICIONALES ..... 75

### **ANEXO VIII**

DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA ..... 77

### **ANEXO IX**

DETALLE DE INVERSIONES ..... 79

### **ANEXO X**

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE HMN Y VENTAS PROYECTADAS AÑO 1 ..... 81

### **ANEXO XI**

CÁLCULO DEL PUNTO DE EQUILIBRIO ..... 82

### **ANEXO XII**

CÁLCULO TIR Y VAN ..... 84

# 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

## 1.1 GUÍA TÉCNICA DEL CULTIVO DEL ÁRBOL DE PAN

### 1.1.1 TAXONOMÍA

Reino: Vegetal

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Hamamelidae

Orden: Urticales

Familia: Moraceae

Género: *Artocarpus*

Nombre científico: *Artocarpus camansi*

Nombres Comunes: Breadnut (Inglés), Árbol de pan, fruta de pan (Español). (Acero, 1998; Ragone, 2006)

### 1.1.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Las dimensiones de los árboles alcanzan los 10 a 15 m de alto o más, con un tronco aproximado de 1 m de diámetro y crece a una altura de 5 m antes de proyectar sus primeras ramas. Un látex pegajoso y blanco está presente en todas las partes del árbol. El diámetro de la copa generalmente mide la mitad de la altura del árbol. (Ragone, 2006)

La forma del árbol está definida por un solo tronco recto de corteza lisa, con una copa extendida de hoja perenne. Tiene la forma propia de un árbol con un tronco ancho en la base. Posee una estructura ramificada mucho más abierta que el árbol de pan sin semillas. (Ragone, 2006)

Las flores en el árbol de pan son masculinas y femeninas separadas, pero presentes en el mismo árbol. Las inflorescencias femeninas están formadas con 1.500 a 2.000 flores reducidas y alojadas en un centro esponjoso de 5 cm de

diámetro. Necesita un promedio de 27 días para formarse totalmente y permanece apta para fecundar solo 16 días. (Ragone, 2006)

Las inflorescencias masculinas, generalmente, aparecen primero. Tienen la forma de un bastón, el cual está dividido en dos partes por un núcleo donde se encuentran pegadas miles de flores diminutas con dos anteras. Las flores masculinas tienen un diámetro de 3 cm y de largo pueden medir de 25 a 35 cm o más. Necesitan 35 días para formarse y presentan una madurez sexual de solo 72 horas. (Acero, 1998; Ragone, 2006)

Las Figuras 1.1 y 1.2 muestran una flor femenina y una flor masculina respectivamente.



**Figura 1.1.** Foto de una flor femenina  
(El Autor, 2010)



**Figura 1.2.** Foto de una flor masculina  
(El Autor, 2010)

Las hojas están bien divididas con lóbulos. Son alternas y se agrupan al final de la rama. Esta última va rematada por una estipula larga y amarilla que protege las hojitas tiernas en la yema terminal.

Los lóbulos llegan hasta la parte media, comprendida entre el borde de la hoja y el nervio medio. En ejemplares jóvenes, hay hojas que alcanzan 80 cm de longitud, aunque su tamaño promedio es de 55 x 35 cm.

Las hojas presentan vellosidad en la nervadura, por su parte superior. La parte inferior de la hoja es de color verde oscuro brillante, con nervadura amarilla. (Acero, 1998), esto se puede observar en la Figura 1.3.



**Figura 1.3.** Foto de una hoja  
(El Autor, 2010)

La fruta del árbol de pan es climatérica, es carnosa y grande, con forma ovoide, tiene de 13 a 20 cm de largo y de 7 a 12 cm de diámetro. El peso varía entre 0,8 y 1,5 kg. La piel es de un color que varía entre un verde oscuro y un color verde amarillento, cuando está maduro. Presenta una textura espinosa flexible. La pulpa, es escasa de un color blanco amarillento cuando está madura, con dulce aroma y sabor.

Del peso total de la fruta, el 49% es semilla, 21% es cáscara, 21% es pulpa y el 9% corazón. (Acero, 1998; Nagy *et al.*, 1990)

En la Figura 1.4 se observa la distribución de las semillas dentro de la fruta.



**Figura 1.4.** Foto de una fruta con corte transversal y longitudinal  
(El Autor, 2010)

Las semillas son la parte principal de la fruta. Entre frutas hay mucha variación en cuanto al número de semillas, así como el tamaño y la composición nutricional de las mismas. La fruta contiene numerosas semillas, de 12 a 150 con un promedio de 64, cada una pesa entre 7 y 10 g. Las semillas comprenden del 30 al 50% o más del peso total de la fruta, tienen una forma plana convexa y un tamaño de 3,5 x 2,5 cm.

La semilla posee dos cutículas o cascarillas protectoras, una externa fibrosa y una interna apergaminada y delgada. Las semillas tienen pequeño a ningún endosperma, ningún periodo de inactividad, germinan inmediatamente y son incapaces de resistir el desecamiento. Las semillas son cosechadas de frutas maduras y suaves. (Acero, 1998; Ragone, 2006)

Del peso total de la semilla el 80% es parte comestible y el 20% es cáscara y cutícula. (Acero, 1998; Ragone, 2006)

En la Figura 1.5 se observan las semillas enteras con cáscara, una vez extraídas de la fruta y retirada la pulpa que las recubre.



**Figura 1.5.** Foto de las semillas del árbol de pan  
(El Autor, 2010)

### 1.1.3 CONDICIONES DE CRECIMIENTO

El árbol de pan es una especie tropical que se ha adaptado a condiciones muy distintas a nivel mundial; sin embargo, su comportamiento en crecimiento y productividad ha mostrado variabilidad respecto a la temperatura; crece bien en un rango comprendido entre 21 y 32 °C. Además se lo encuentra desde el nivel del mar hasta los 1.200 m de altitud. (Acero, 1998)

En regiones con precipitaciones promedio anuales menores a 1.400 mm el árbol de pan requiere riego en las épocas de sequía o veranos prolongados. El rango de precipitación óptima está por encima de los 1.500 mm anuales. (Acero, 1998)

En cuanto a los suelos, se le ha visto crecer bien desde los suelos pedregosos y superficiales, hasta algunos suelos profundos. Sin embargo, en suelos encharcados se ha observado la caída prematura de las frutas. Alcanza crecimientos óptimos en suelos fértiles, profundos y bien drenados. (Acero, 1998; Ragone, 2006)

El árbol de pan tiene un sistema de raíces superficial y unas hojas bastante anchas; estas características describen una especie apta para ambientes húmedos con 70 a 80% de humedad relativa. Por lo anterior y, principalmente en climas estacionales secos, el árbol de pan se debe cultivar asociado y con considerables densidades de plantación, lo cual favorece también el aprovechamiento masivo de materia orgánica en descomposición, para cuando sus raíces no puedan tomar nutrientes a profundidad. Se recomienda mantenerlo en sombra, durante sus primeras etapas, para un mejor desarrollo. (Acero, 1998)

En el Ecuador, el árbol de pan se encuentra sembrado en regiones de la Costa y Amazonia.

#### **1.1.4 PROPAGACIÓN**

El árbol de pan es propagado fácilmente por semillas. Las semillas se recogen generalmente de frutas suaves y maduras. Las raíces de los árboles no producen brotes, por lo tanto no pueden crecer por esquejes, como en el caso del árbol de pan sin semillas. En Filipinas, ha dado buen resultado el injerto por aproximación así como la gemación. (Ragone, 2006)

##### **1.1.4.1 Propagación con semilla**

Para la siembra se recomienda utilizar las frutas que tienen poco tiempo de desprendimiento del árbol, por cuanto en frutas viejas y en proceso de descomposición, las semillas ya tienen hongos y pueden presentar también ataque de insectos. (Acero, 1998)

Se recogen semillas de frutas suaves y maduras; se seleccionan las semillas firmes, brillantes y uniformes. En el momento de sembrar la semilla no hay necesidad de remover la cáscara o cutícula, solo lavarlas para quitar la pulpa. (Acero, 1998; Ragone, 2006)

La semilla se puede sembrar directamente en bolsa, en una posición tal, que su parte plana quede hacia abajo y su parte ovalada hacia arriba. (Acero 1998)

El porcentaje de germinación es muy alto, de alrededor del 100%. La germinación ocurre a los 15 días. A los 75 días, después de la siembra, se tiene una planta de 50 cm de altura, lista para el trasplante. (Acero, 1998; Ragone, 2006)

#### **1.1.4.2 Trasplante**

Se recomienda llevar al sitio definitivo de siembra, plantas con una altura de 50 cm. Se debe proteger del viento y del calor excesivo durante el transporte. Los hoyos de siembra deben tener la misma profundidad del recipiente del cual se extrae la planta y dos veces el ancho. Se agrega una cantidad pequeña de fertilizante al fondo del agujero y se cubre con tierra. (Acero, 1998; Ragone, 2006)

Es mejor plantar al inicio de la estación lluviosa, en caso contrario es necesario irrigar durante los dos primeros meses de establecimiento. Es necesario proteger a los arbolitos sembrados del ganado de pastoreo y de la hormiga arriera. (Ragone, 2006)

#### **1.1.4.3 Cultivo**

El árbol de pan se puede cultivar asociado, como cerca y como banco proteico

**Árbol de pan en cultivo asociado.** Se puede cultivar asociado a cacao, plátano y otros cultivos. En este tipo de asociaciones, se recomienda plantarlo a 10 x 10 m, para una densidad de 100 árboles de pan por hectárea. En este caso, el árbol del pan se deja a libre crecimiento para producción de fruta y semilla. A los 2 años de edad, los arbolitos tienen 3,20 m metros de altura. (Acero, 1998)

**Árbol de pan en cerca viva.** Los arbolitos se siembran a lo largo de los linderos o cercas, a 2,00 m entre sí, y a 20 cm por dentro de la cerca. A los 20 meses de

edad se hace una poda de copa, a una altura de 1,30 m del suelo. A partir de los 6 meses de realizada esta, se puede iniciar un proceso de podas, cada 4 meses, durante toda su vida útil. El producto de las podas es un follaje para alimentar animales en establo. En estas cercas vivas se puede dejar un árbol del pan a libre crecimiento cada 10 m, para la producción de fruta. Los árboles a libre crecimiento en cerca viva, a los 2 años de edad, tienen 3,20 m de altura. (Acero, 1998)

**Árbol de pan en banco proteico.** En este cultivo, la distancia entre árboles y entre líneas es de 1 m. A los 18 meses, se hace una poda de copa a una altura de 1,30 m del suelo; 6 meses después se inician cortes de follaje cada 4 meses para alimentar a ganadería de establo (vacas, cabras, cerdos, etc.). (Acero, 1998)

A los 2 años de edad, los arbolitos tienen 4,50 m de altura. Se recomienda evitar suelos encharcados, para la siembra del árbol del pan, por cuanto se corre el riesgo de que los árboles sean afectados por un “marchitamiento descendente”. (Acero, 1998)

#### **1.1.4.4 Cosecha**

Generalmente, la fruta recién caída del árbol se recolecta a mano, debido a su gran altura; sin embargo se recomienda cosecharla directamente del árbol cuando la fruta presenta un color verde amarillento para evitar daños físicos. La cosecha se puede realizar durante todo el año; pero, hay dos períodos de alta producción, uno que va de Enero a Marzo y otro de Julio a Septiembre. (Acero, 1998; Breadfruit Institute, 2009)

#### **1.1.4.5 Almacenamiento**

El árbol de pan, como muchas otras frutas tropicales, tiene una tasa de respiración alta y poco tiempo de vida útil. En esta etapa se pueden alcanzar pérdidas de hasta el 50%. (Breadfruit Institute, 2009)

#### 1.1.4.6 Producción y productividad

El árbol de pan empieza su producción a partir de los 5 a 6 años de ser plantado. Su producción y productividad están indicadas en la tabla 1.1. (Acero, 1998)

En la Tabla 1.1 se presentan datos sobre la productividad del árbol de pan adulto correspondientes al año 1998.

**Tabla1.1** Productividad de árboles de pan adultos

Número de frutas x árbol x año	120
Peso de frutas x árbol x año	156 kg
Semilla comestible	52 kg
Forraje (cáscara, corazón, fibra) x árbol por año	90 kg
Número de árboles x hectárea	100 (10x10 m)
Fruta por Hectárea x año	15,6 toneladas
Forraje x Hectárea x año	9,0 toneladas
Semilla comestible x hectárea x año	5,2 toneladas
Harina seca de semilla x hectárea x año	1,9 toneladas

(Acero, 1998)

## 1.2 PROCESAMIENTO DE SEMILLAS PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA

El proceso de obtención de harina de las semillas del árbol de pan, que se detalla a continuación, está basado en el conocimiento y técnicas populares de procesamiento de las semillas, en las cuales se realiza una cocción de la semilla extraída de la fruta, con el propósito de facilitar el proceso de pelado; luego, se pela y se seca al sol durante aproximadamente 4 días, para ser finalmente molida.

La harina de la semilla del árbol de pan es superior a la harina de la pulpa del árbol de pan, ya que proporciona cinco veces más proteína, junto con más calorías. Quijano y Arango (1979) informaron que el 20% de la materia seca de la semilla es proteína, con un buen contenido de aminoácidos esenciales. De Bravo *et al.* (1983) encontró que puede ser una fuente rica de minerales. Tanto en

contenido de proteína como en valor calórico, la harina de la semilla del árbol de pan parece ser superior incluso a la harina de trigo. (Nagy *et al.*, 1990)

La Tabla 1.2 es un cuadro comparativo de los valores nutricionales presentados por la harina de la pulpa y de las semillas del árbol de pan con respecto a otras harinas.

**Tabla 1.2.** Valores nutritivos del árbol de pan comparados con otros alimentos (en 100g de alimento)

Componentes	Harina del árbol de pan		Harina de				
	Pulpa	Semilla	Mandioca	de Camote	Papa	Maíz	Trigo
Agua (g)	2,5	0	8,7	2,8	7,6	12,0	12,0
Proteína (g)	4,1	20,0	1,3	4,2	8,0	7,8	11,8
Carbohidratos (g)	84,2	60,0	86,6	90,0	79,9	76,8	74,7
Extracto etéreo (g)	1,1	12,8	0,5	0,6	0,8	2,6	1,1
Fibra (g)	3,5	3,9	1,8	3,2	1,6	0,7	0,3
Cenizas (g)	2,9	1,5	2,9	2,4	3,7	0,8	0,4
Calorías	362	435	356	282	358	362	356

(Nagy *et al.*, 1990)

### 1.2.1 SELECCIÓN DE SEMILLAS

La selección de las semillas se realiza manualmente, con base en el estado de, calidad y sanidad; de esta forma se aparta a las semillas que presenten daños mayores de carácter biológico o mecánico, ya sean estos ataques de insectos, hongos o que presenten cortaduras y magulladuras. Lo más importante para realizar una buena selección es tener en cuenta que la parte de la fruta que se va a utilizar es la semilla y no la pulpa, por lo tanto no se debe tomar en cuenta el estado de la pulpa, siempre que las semillas se encuentren en un estado óptimo.

### 1.2.2 PESAJE Y LIMPIEZA

El pesado de la fruta se realiza con el fin de determinar el rendimiento de la cosecha y para conocer la cantidad de materia prima, con la que se va a iniciar el

proceso. La limpieza se realiza por inmersión en agua potable y desinfectantes, para retirar la mugre y las impurezas impregnadas en la fruta.

### **1.2.3 DESPULPADO**

El despulpado se realiza a mano, con el fin de extraer las semillas contenidas en la fruta; el tiempo y la facilidad con que se realiza este proceso depende del estado de madurez, mientras más madura esté la fruta, más rápido será el proceso.

### **1.2.4 LAVADO DE LA SEMILLA**

El lavado de la semilla consiste en retirar los residuos de pulpa o materiales extraños adheridos a estas y se lo puede realizar con inmersión, en agua potable.

### **1.2.5 COCCIÓN Y PELADO DE LA SEMILLA**

La cocción de la semilla permite aflojar la cutícula leñosa y la cutícula fina, tipo pergamino; este proceso se realiza con la inmersión de las semillas en agua hirviendo.

El pelado se realiza manualmente y consiste en retirar la cutícula fibrosa y la cutícula tipo pergamino, que recubren a la semilla.

### **1.2.6 SECADO**

El objetivo en el proceso de secado es disminuir el contenido de agua en la semilla. La semilla tiene un porcentaje de agua de aproximadamente 56,0 al 66,2%. Con el secado se busca obtener un porcentaje de agua del 5 al 10% y, de esta manera, facilitar los procesos para la elaboración de harina.

### **1.2.7 MOLIENDA Y TAMIZADO**

La molienda se realiza para disminuir el tamaño de partícula de la semilla y así obtener la textura de harina. Debido a que no se llega a obtener una uniformidad en las partículas después de la molienda, se recomienda realizar un tamizado con el fin de separar las partículas de tamaño disperejo.

### **1.3 OPCIONES DE PROCESAMIENTO DEL ÁRBOL DE PAN**

El árbol de pan es una especie multipropósito, del cual se usan casi todas sus partes. Las grandes hojas, de esta especie, proporcionan abundante materia orgánica para el árbol y para otras plantas que crecen bajo la sombra de este. Además, gracias a su sombra genera un micro-clima más fresco. Estos árboles dan resguardo y comida a polinizadores importantes como abejas melíferas, pájaros, etc. Un árbol de pan rinde comida, materiales de construcción, medicina, goma de pegar, repelente de insectos y comida animal.

En el Caribe y partes de América Central y América del Sur, las semillas se consumen localmente y se las encuentra en mercados y restaurantes. Desde que las semillas del árbol de pan fueron comparadas con el sabor y textura de las castañas, empezaron a tener posibilidades comerciales asadas, enlatadas en salmuera, procesadas como mantequilla, harina o aceite. (Acero, 1998; Breadfruit Institute, 2009; Ragone, 2006)

#### **1.3.1 RAÍZ**

La raíz contiene un astringente, que se usa como purgante; cuando se macera, se emplea como emplasto, para las dolencias superficiales.

#### **1.3.2 TRONCO**

El tronco produce una madera durable y ligera, que se usa para la construcción de casas y canoas. También se la usa para tallar estatuas, artes manuales y otros artículos. Los árboles más viejos son una fuente importante de leña.

#### **1.3.3 LÁTEX**

El látex blanco, pegajoso, está presente en todas las partes del árbol y se ha usado para preparar goma de pegar o como goma de mascar. El látex también tiene uso medicinal, se lo emplea para dar masajes en la piel, para tratar huesos rotos y torceduras. Además, se realizan vendajes con látex, en la espina para aliviar los dolores de la ciática. El látex diluido se toma para tratar diarrea, dolores estomacales y la disentería.

### 1.3.4 HOJAS

Las hojas se usan como abanicos, para envolver comidas que se cocinan en hornos de tierra tradicionales y como platos biodegradables. Las hojas aplastadas, normalmente, se usan para tratar enfermedades de la piel y enfermedades de hongos. Cuando la hoja toma un color amarillo, se la usa como té, así sirve para reducir la presión arterial y aliviar el asma. También se piensa que el té controla la diabetes. La savia de los tallos aplastados de hojas se usa para tratar infecciones de oreja e hinchazón de ojos. (Breadfruit Institute, 2009; Ragone, 2006)

## **2. PARTE EXPERIMENTAL**

### **2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN**

#### **2.1.1 MATERIA PRIMA**

Las frutas del árbol de pan (*Artocarpus camansi*) fueron recolectadas en el campo, en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, en la parroquia rural Santa María del Toachi, a 27 km al este de la Parroquia de Patricia Pilar.

La recolección de la fruta se realizó manualmente. Se recogieron las frutas recién caídas ó directamente del árbol, ya que en este sector tienen una producción regular, durante todo el año. La fruta recolectada directamente del árbol debe presentar un color que puede variar entre amarillo y café oscuro, lo cual indica el estado de madurez de la misma.

#### **2.1.2 METODOLOGÍA**

##### **2.1.2.1 Caracterización física**

- Peso

La fruta fue pesada en una balanza electrónica (TROPPEL, modelo TR6RS) Los resultados se reportaron en gramos.

- Dimensiones

La medición del largo fue considerada desde la base hasta la punta de la fruta y el diámetro fue la medición del eje ecuatorial de la fruta. Las dos mediciones fueron tomadas con una cinta graduada (0,10 cm de precisión).

- Rendimiento

Para determinar el rendimiento, primeramente se procedió a despulpar la fruta manualmente, se separó la pulpa y la semilla; a continuación, de la semilla se separó la parte comestible y las cortezas que recubren a la misma y, finalmente, se pesó cada fracción (pulpa, cortezas y parte comestible) por separado, en la

balanza electrónica (TROPPEL, modelo TR6RS), los datos fueron reportados en porcentaje, según la Ec. [2.1].

$$\% = \left( \frac{P_{parcial}}{P_{total}} \right) \times 100 \quad [2.1]$$

### 2.1.2.2 Caracterización química

**Tabla 2.1.** Métodos utilizados para la caracterización química.

PARÁMETRO	MÉTODO	RESPONSABLE
Potencial Hidrógeno (pH)	MAL -52 Potenciométrico	Universidad Central del Ecuador
Humedad	MAL - 13 33.1.03 Método Oficial AOAC 925.10	Universidad Central del Ecuador
Proteína	MAL-04 30.1.19 Método Oficial AOAC 981.10	Universidad Central del Ecuador
Grasa	MAL- 03 39.1.08 Método Oficial AOAC 991.36	Universidad Central del Ecuador
Cenizas	MAL-02 32.1.05 Método Oficial AOAC 923.03	Universidad Central del Ecuador
Fibra	MAL-50 Weende	Universidad Central del Ecuador
Carbohidratos	Cálculo	Universidad Central del Ecuador
Calorías	Cálculo	Universidad Central del Ecuador
Aminoácidos	HPLC	INIAP
Almidón	Fehling	LABOLAB

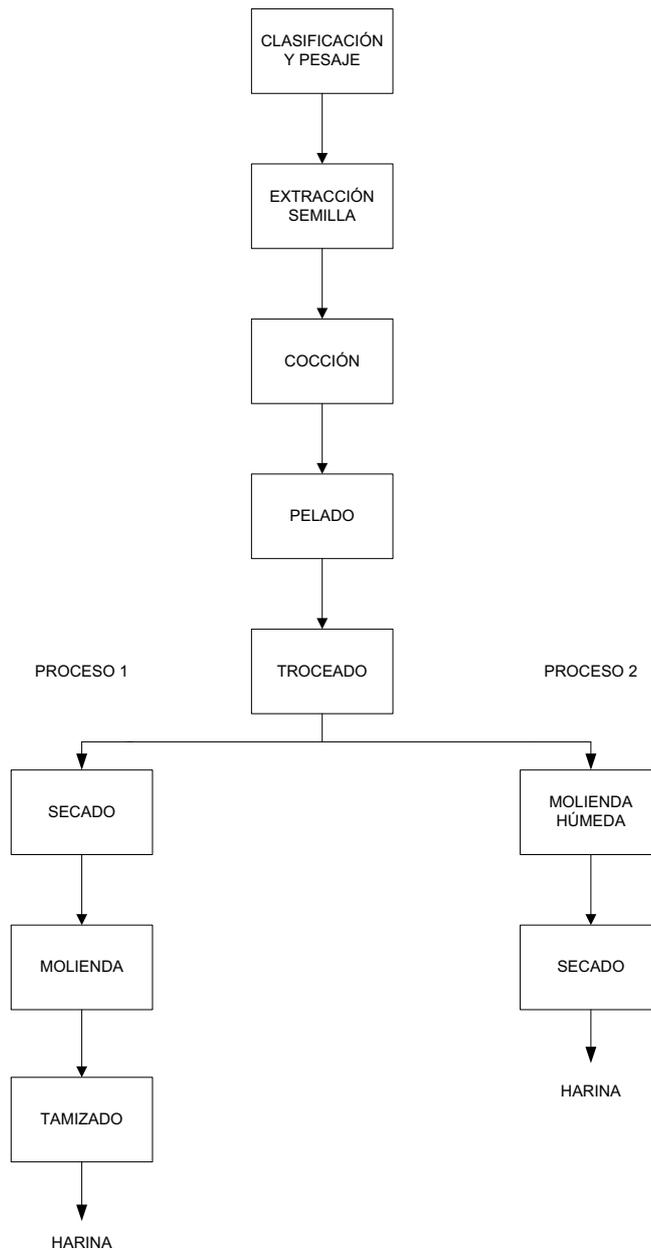
### 2.1.2.3 Caracterización de vitaminas y minerales

**Tabla 2.2.** Métodos utilizados para la caracterización de vitaminas y minerales.

PARÁMETRO	MÉTODO	RESPONSABLE
Vitamina B3	MAL-76 HPLC	Universidad Central del Ecuador
Vitamina C	HPLC	Escuela Politécnica Nacional
Vitamina B2	Métodos Analíticos para Vitaminas	Escuela Politécnica Nacional
Betacaroteno	HPLC	Escuela Politécnica Nacional
Magnesio	Absorción Atómica	Universidad Central del Ecuador
Fósforo	Absorción Atómica	Universidad Central del Ecuador
Potasio	Absorción Atómica	Universidad Central del Ecuador
Sodio	Absorción Atómica	Universidad Central del Ecuador
Calcio	Absorción Atómica	Universidad Central del Ecuador
Hierro	Absorción Atómica	Escuela Politécnica Nacional

## 2.2 PROCESAMIENTO DE LA SEMILLA DEL ÁRBOL DE PAN PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA

En la Figura 2.1 se presenta el diagrama de flujo diseñado para la obtención de harina de las semillas del árbol de pan, mediante dos procesos similares.



**Figura 2.1.** Diagrama de flujo de los procesos para la obtención de harina de la semilla del árbol de pan.

Se utilizó la maquinaria disponible en la planta piloto del Departamento de Ciencia y Biotecnología de Alimentos de la Escuela Politécnica Nacional para la obtención de harina de las semillas del árbol de pan, en la Tabla 2.3 se muestran estos equipos y utensilios.

**Tabla 2.3.** Equipo utilizado en la obtención de harina de las semillas del árbol de pan

<b>EQUIPO</b>	<b>USO</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>
Báscula	Pesaje de materia prima, producto final y desecho	Toledo	2120
Pelador de papas	Extracción de las semillas	G. S. Blakeslee	S-15
Olla a presión	Cocción de las semillas	Hamilton Kettles	PC
Mesa	Pelado de semillas	Fabricación Nacional	
Desintegrador Rietz	Troceado de semillas	General & Electric	SK184KK1300
Estufa Selecta	Secado de semillas troceadas	Fabricación Nacional	
Molino	Molienda de las semillas troceadas	Alpine AG	160 UPZ
Molino Coloidal	Formación pasta de semillas	Pryma	MZ-80IR
Secador de Rodillos	Secado de la pasta de semillas	Mathis Machine Corp.	14047

### **2.2.1 CLASIFICACIÓN Y PESAJE**

En la clasificación de las frutas se tuvo en cuenta que lo que se va a utilizar en el proceso son las semillas, por lo tanto, si la fruta fue recolectada del suelo se tuvo mayor cuidado en verificar que la semilla no posea ningún daño mecánico ni biológico; si la fruta fue recolectada directamente del árbol, se clasificó de igual manera, pero sin mayor control de calidad.

El pesaje de las frutas se realizó con el fin de determinar el rendimiento de sus componentes y se lo realizó en la Báscula Toledo (Modelo 2120).

### **2.2.2 EXTRACCIÓN DE LA SEMILLA**

La extracción de semilla se realizó en dos etapas: una manual, en la cual se desprendió el corazón de la fruta y otra mecánica donde se utilizó un pelador de papas (Blakeslee Modelo S-15) para separar la pulpa de la semilla.

### **2.2.3 COCCIÓN**

Las semillas se cocinaron enteras con agua potable, se procuró que éstas se encuentren por debajo del nivel de agua; en este proceso se utilizó una olla de presión (Hamilton, PC) se realizaron tres ensayos, con tiempos de operación 20, 30 y 40 min.

#### **2.2.4 PELADO**

Este proceso se realizó a mano debido a la irregularidad que presentan las semillas del árbol de pan, con el fin de obtener un pelado óptimo con base en el rendimiento y el peso.

#### **2.2.5 TROCEADO**

En este proceso se utilizó el desintegrador Rietz (Modelo SK184KK 1300) con su respectiva malla (diámetro 0,50 cm) para obtener un menor tamaño de partícula y así optimizar el tiempo de secado, la alimentación fue continua.

Luego de este proceso, se experimentó con dos tratamientos diferentes de secado.

### **PROCESO 1**

#### **2.2.6 SECADO**

Se determinó la temperatura y el tiempo de secado de la semilla troceada mediante la elaboración de curvas de secado en una estufa de corriente de aire forzado Estufa Selecta (Fabricación Nacional). Se realizaron pruebas a 50, 60 y 70 °C, la muestra inicial fue de 1 kg, se realizaron mediciones de peso cada hora. Con los datos obtenidos se elaboraron curvas de secado para cada temperatura en las cuales se correlacionó tiempo de secado con el peso de muestra, se consideró que la disminución en el peso es la cantidad de agua eliminada de la muestra. La temperatura escogida fue la temperatura a la cual la curva se estabilizó en menor tiempo.

#### **2.2.7 MOLIENDA Y TAMIZADO**

La molienda de la semilla seca se realizó en el molino Alpine (160 UPZ), en un proceso continuo con un tiempo de operación de 1 min por 1 kg de semilla seca. Se utilizaron los accesorios de pines con la perilla de alimentación o vibración en posición 4.

Después de realizar la molienda se efectuó un cernido con la ayuda de un tamiz 210  $\mu\text{m}$  (No. 70). Este proceso se realizó para lograr uniformidad en el tamaño de partícula.

## **PROCESO 2**

### **2.2.8 MOLIENDA HÚMEDA**

La molienda de semilla troceada se realizó en el Molino Coloidal (Pryma, MZ-80IR), con el fin de obtener una pasta uniforme. Para la obtención de la pasta se requirió el uso de agua, en una relación 1:1 p/v.

### **2.2.9 SECADO DE LA PASTA**

El secado de la pasta obtenida con el molino coloidal se realizó en un secador de rodillos (Mathis Machine Corp., 14047) con una velocidad de 4,50 rpm, una apertura de 0,05 mm entre los dos rodillos y con una presión constante de 60 psi. El tiempo de operación del secador de rodillos fue de 8 min, por 1 kg de pasta.

### **2.2.10 PRUEBA DE ESTABILIDAD**

Se tomó una muestra de 100 g de harina obtenida en cada uno de los procesos y se envasó en bolsas de polietileno. Estas muestras fueron colocadas en un ambiente fresco, a temperatura ambiente (17 °C) y una humedad relativa de 58%. Se las mantuvo aisladas para evitar una contaminación cruzada y la absorción de olores o sabores extraños, con el propósito de simular las condiciones normales de almacenamiento de una harina. Las muestras fueron monitoreadas cada 5 días, durante un período de aproximadamente 3 meses, para detectar cambios en olor y sabor.

## **2.3 FORMULACIÓN DE UNA MEZCLA NUTRITIVA CON BASE EN LA HARINA OBTENIDA**

Para optimizar la mezcla entre la harina de semillas del árbol de pan y la harina de soya desgrasada, se procedió a comparar la cantidad de aminoácidos presentes en la harina de la semilla del árbol de pan con los requerimientos de

aminoácidos en infantes preescolares de 2 a 5 años propuestos por la FAO presentados en la Tabla 2.4, el mismo procedimiento se realizó con la harina de soya desgrasada.

La comparación consiste en dividir las cantidades de cada uno de los aminoácidos presentes en las harinas, para la cantidad de cada aminoácido propuesto por la FAO, este valor se multiplica por 100, y el dato obtenido, es el porcentaje de requerimiento de la FAO que cubre cada aminoácido de las harinas.

Una vez definido el aminoácido limitante en la harina de semillas del árbol de pan y la harina de soya desgrasada, se realizó una gráfica con los valores de los aminoácidos limitantes, para determinar las proporciones en las que se debe mezclar cada una de las harinas, con el fin de alcanzar los requerimientos nutricionales para preescolares establecidos por la FAO.

**Tabla 2.4.** Requerimientos de aminoácidos en infantes preescolares de 2–5 años propuestos por la FAO.

<b>Aminoácidos</b>	<b>Req. FAO (mg/g proteína)</b>
<b>Lisina</b>	<b>58</b>
<b>Treonina</b>	<b>34</b>
<b>Triptófano</b>	<b>11</b>
<b>Cisteína + Metionina</b>	<b>25</b>
<b>Tirosina + Fenilalanina</b>	<b>63</b>
<b>Isoleucina</b>	<b>28</b>
<b>Leucina</b>	<b>66</b>
<b>Valina</b>	<b>35</b>
<b>Histidina</b>	<b>19</b>

(Fuente: Young y El-Khoury, 1996)

Posteriormente, definidas las cantidades de cada harina en la mezcla, se usó el método descrito por Jansen y Harper (1985), el cual nos permite calcular el score de aminoácidos y a su vez la cantidad de proteína que puede ser asimilable por el cuerpo humano.

El método descrito por Jansen y Harper cumple con el siguiente procedimiento:

1. Se definieron los componentes de la mezcla.
2. Se determinó el peso en gramos de cada uno de los componentes de la mezcla, para alcanzar un peso total de 100 g.
3. Se registró las cantidades de nitrógeno, lisina, treonina, triptófano, cisteína – metionina, tirosina – fenilalanina, isoleucina, leucina, valina e histidina.
4. Se sumaron los valores de lisina, treonina, triptófano, cisteína – metionina, tirosina – fenilalanina, isoleucina, leucina, valina e histidina, para obtener el contenido total de cada uno en mg en la mezcla.
5. Se calculó el score de aminoácidos dividiendo el total de cada aminoácido para el valor correspondiente de los requerimientos de aminoácidos propuestos por la FAO y se multiplicaron por 100, para obtener el porcentaje que cubre cada aminoácido en la mezcla según los requerimientos de la FAO.
6. Se calculó el porcentaje de proteína, a partir del valor en gramos de proteína en la muestra, dividiendo para el peso de la mezcla (g) y multiplicar por 100.
7. Para la obtención del valor neto de proteína, se multiplicó el porcentaje de aminoácido más bajo por el porcentaje de proteína y se dividió para 100.

## **2.4 CARACTERIZACIÓN NUTRICIONAL DE LA MEZCLA NUTRITIVA**

De acuerdo con los resultados obtenidos de la caracterización química de la harina de las semillas del árbol de pan, y con la información nutricional que presentó el fabricante de la harina de soya desgrasada, se calculó el contenido de macro nutrientes y el aporte calórico en 100 g de la mezcla elaborada.

La harina de soya desgrasada se obtuvo de la empresa GRASAS UNICOL, su composición química se muestra en la Tabla 2.5.

**Tabla 2.5.** Composición química de harina de soya desgrasada.

<b>Parámetro</b>	<b>Harina soya Desgrasada</b>
<b>Carbohidratos</b>	31,13 %
<b>Proteína</b>	47,57 %
<b>Grasa</b>	0,99 %
<b>Humedad</b>	11,00 %
<b>Calorías</b>	323,69 kcal/100 g

(Fuente: Grasas UNICOL, 2009)

## **2.5 CARACTERIZACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LA MEZCLA EN PRODUCTOS LISTOS PARA EL CONSUMO HUMANO**

Para obtener la evaluación organoléptica de la harina de mezcla nutritiva (HMN) óptima, se mezcló esta con harina de trigo en una proporción de 75% de HMN y 25% de harina de trigo, esta nueva mezcla se utilizó para la elaboración de galletas, las cuales se sometieron a la evaluación organoléptica.

Con el fin de obtener elementos de comparación para los resultados de las pruebas organolépticas se evaluaron galletas elaboradas con HMN de composición distinta a la mezcla óptima e igualmente mezclada con 25% de harina de trigo. Las composiciones de HMN que se utilizaron fueron: 10% - 90% y 30% - 70% de harina de soya desgrasada y harina de las semillas del árbol de pan, respectivamente.

La HMN que presentó los mejores resultados en las pruebas organolépticas, se la utilizó posteriormente para realizar cuatro ensayos con distintos porcentajes de harina de trigo, en la elaboración de galletas y pan, los porcentajes de la mezclas se presenta en la Tabla 2.6.

**Tabla 2.6.** Porcentajes de HMN y harina de trigo utilizados en los ensayos.

		<b>HS01</b>	<b>HS02</b>	<b>HS03</b>	<b>HS04</b>
<b>HMN</b>	<b>%</b>	25	50	75	100
<b>Harina de trigo</b>	<b>%</b>	75	50	25	0

Para todas las evaluaciones organolépticas se utilizó una encuesta de medición de grado de satisfacción, la cual se basa en escalas hedónicas, que son instrumentos de medición de las sensaciones placenteras o desagradables producidas por un alimento a quienes lo probaron. La tabulación de los resultados obtenidos posibilita reconocer si una muestra es agradable o desagradable.

Adicionalmente, se solicitó la opinión de los encuestados en lo referente a olor, color y textura. La textura guarda relación con las siguientes variables:

**Dureza:** Está representada por alimentos que se denominan blandos o firmes según sea la intensidad de este parámetro. Para evaluar la dureza se colocó la muestra correspondiente entre los molares, se presionó y se midió la fuerza para comprimirlos totalmente.

**Fragilidad:** Propiedad que poseen los cuerpos cuando al ser sometidos a un choque se rompen sin deformación plástica previa.

**Granulosidad:** Se relaciona con el tamaño y forma de los granos.

Las encuestas aplicadas se encuentran en los Anexo VI y VII.

### 2.5.1 PREPARACIÓN DE GALLETAS

Para la elaboración de galletas con base en la HMN compuesta por harina de semillas del árbol de pan y harina de soya desgrasada, se formuló la receta en relación al 100% de la mezcla de las harinas, como se presenta a continuación en la Tabla 2.7.

**Tabla 2.7.** Fórmula utilizada en la elaboración de galletas

INGREDIENTES		%
Harina	Trigo HMN	100
Mantequilla		40
Azúcar		35
Canela		3
Agua		32

## 2.5.2 PREPARACIÓN DE PAN

Para la elaboración de pan con base en la mezcla nutritiva compuesta por harina de semillas del árbol de pan y harina de soya desgrasada se formuló la receta en relación al 100% de la mezcla de las harinas, como se presenta a continuación en la Tabla 2.8.

**Tabla 2.8.** Fórmula utilizada en la elaboración de pan

INGREDIENTES		%
Harina	Trigo HMN	100
Levadura		3,7
Sal		3,0
Azúcar		15,0
Mantequilla		7,6
Agua		52,0
3 Huevos		

## 2.6 ANÁLISIS DE FACTORES DE COSTO DEL PROCESO

Los factores de costo se refieren, a una planta productora de harina de las semillas del árbol de pan enriquecida con harina de soya, para esto se tomo en cuenta el tiempo de utilización de cada equipo, la cantidad de agua, insumos, materia prima y combustible. El costo de energía eléctrica (kW/h) y agua (m<sup>3</sup>) se obtuvieron de las planillas de servicio de la Escuela Politécnica Nacional; el costo de combustible para generación de vapor así como de los insumos utilizados fueron los precios actuales en el mercado; en cuanto a la materia prima, su costo es un estimado ya que el fruto del árbol de pan no se produce con fines de lucro.

Se consideraron los rendimientos obtenidos en el balance de materiales, los tiempos de cada actividad y las dimensiones de los equipos para estimar el tamaño de la planta, el detalle de éstos cálculos se encuentra en los Anexos III, IV y VIII. Se estableció un volumen de producción donde se consideró como limitante la capacidad de los equipos, no se dispone de datos oficiales de producción de materia prima a nivel nacional. Con esta información se elaboró un estudio financiero para determinar la rentabilidad del proyecto.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN**

##### **3.1.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA**

En la medición del peso y dimensiones de la fruta, se recolectó una muestra de 30 frutas próximas al estado de madurez, disponibles en el área de recolección. No se utilizaron frutas que se encontraron en el estado de madurez óptimo, ya que el manipuleo de estas, por ser sumamente delicadas, resulta complicado para obtener los datos a continuación presentados.

###### **3.1.1.1 Peso**

El peso promedio obtenido experimentalmente fue de  $1064,23 \pm 141,61$  g por fruta, el cual es menor a los 1.300 g presentados en los estudios realizados por Acero (1998) y a los 1.520 g registrados por Quijano y Arango (1979).

A pesar de que no se llega a igualar las cifras bibliográficas, se destaca el gran tamaño de esta fruta, sin haber recibido un manejo previo para su producción.

###### **3.1.1.2 Dimensiones**

Las dimensiones del fruto son de  $16,32 \pm 1,08$  cm de largo,  $12,97 \pm 0,71$  cm de ancho y  $41,38 \pm 1,74$  cm de circunferencia, lamentablemente no se encontraron datos bibliográficos para la comparación de estos datos.

Sin embargo, se podría suponer que estas medidas serían inferiores a las referencias bibliográficas citadas para el peso, en el párrafo anterior, ya que estas medidas están directamente relacionadas con el peso del fruto.

###### **3.1.1.3 Rendimiento**

En el cálculo de rendimiento se recolectó fruta en su estado de madurez óptimo, el mismo que se utilizó para el procesamiento de la misma; a continuación en la Tabla 3.1 se presentan los rendimientos del fruto del árbol de pan.

**Tabla 3.1.** Rendimientos de la fruta del árbol de pan comparado con los resultados de Acero (1998)

<b>Componente</b>	<b>Peso (g)</b>	<b>%</b>	<b>Peso*</b>	<b>%</b>
Fruta	1064,23	100,00	1300,00	100,00
Pulpa y corteza	532,13	50,00	754,00	58,00
Cáscara de semilla	196,88	18,50	109,20	8,40
Semilla	335,22	31,50	436,80	33,60

\*(Acero, 1998)

Con respecto al porcentaje de pulpa y corteza se obtuvo experimentalmente un valor de 50% del peso total, este valor se encuentra entre los 58% registrados por Acero (1998) y los 47% de Quijano y Arango (1979).

Del peso total de la semilla se distingue el peso de la parte comestible del peso de la corteza compuesta por una cáscara leñosa y una cutícula apergaminada. Experimentalmente, se determinó que la parte comestible representa el 31,50% y la corteza representa el 18,50%, al comparar la cantidad comestible obtenida experimentalmente con los datos presentados por Acero (1998) que es de 33,60%, encontramos que nuestras cifras son inferiores y que por lo tanto vamos a tener una mayor cantidad de cáscara de semilla.

Para el proceso de elaboración de harina de las semillas del árbol de pan, el 68,5% correspondiente a pulpa, corteza y cáscara de semilla es considerado desecho.

Los resultados obtenidos de la cantidad de semillas por fruto varían entre 35 y 73, estos valores coinciden con las referencias bibliográficas presentadas por Bennett (1978), de 59 semillas por fruto, y De Bravo (1983), 71 semillas por fruto; pero, son menores a las 80 semillas por fruto, reportadas por Quijano (1979) y son valores comprendidos dentro del rango de 12 a 150 semillas por fruto, presentado por Ragone (2006).

En general, el rendimiento obtenido en la práctica, fue menor al esperado con base en las referencias bibliográficas, esto se puede asociar, a que, en nuestro país esta fruta se la considera silvestre y se la encuentra libre de cuidado.

### 3.1.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y FUNCIONAL DE LA SEMILLA

Los resultados obtenidos en la caracterización química y funcional de la semilla fresca, se detallan en la Tabla 3.2.

**Tabla 3.2.** Composición bromatológica de las semillas frescas del árbol de pan comparada con los resultados de Ragone (2006) y Acero (1998)

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	RESULTADO*	RESULTADO**
Proteína	%	5,15	5,85 - 6,73	8,80
Humedad	%	59,31	56,00 - 66,20	56,67
Grasa	%	3,65	2,73 - 9,80	6,10
pH		6,31		
Cenizas	%	1,64		1,60
Fibra	%	5,07		1,80
Carbohidratos	%	25,17	25,76 - 33,52	26,60
Aporte calórico	kcal/100 g	154,10	151,00 - 249,20	196,50
Acidez	%	0,11		
Betacaroteno	mg/100 g	LND		
Vitamina C	mg/100 g	2,49		
Vitamina B2	mg/100 g	LND		
Vitamina B3	mg/100 g	2,51	2,80 - 3,65	
Fósforo	mg/100 g	87,92	1216,80 - 1408,00	
Magnesio	mg/kg	243,80	33,80 - 44,00	
Potasio	mg/kg	6749,00	1672,00 - 5475,60	
Calcio	mg/kg	397,50	236,60 - 290,40	
Sodio	mg/kg	87,10	5,40 - 7,04	

\*(Ragone, 2006)

\*\* (Acero, 1998)

Al comparar los datos obtenidos en la caracterización química de la semilla fresca, con los datos presentados por Acero (1998) se tiene: que los porcentajes de proteína, grasa y valor energético son menores; que los porcentajes de humedad, cenizas y carbohidratos son similares y que el porcentaje de fibra es mayor.

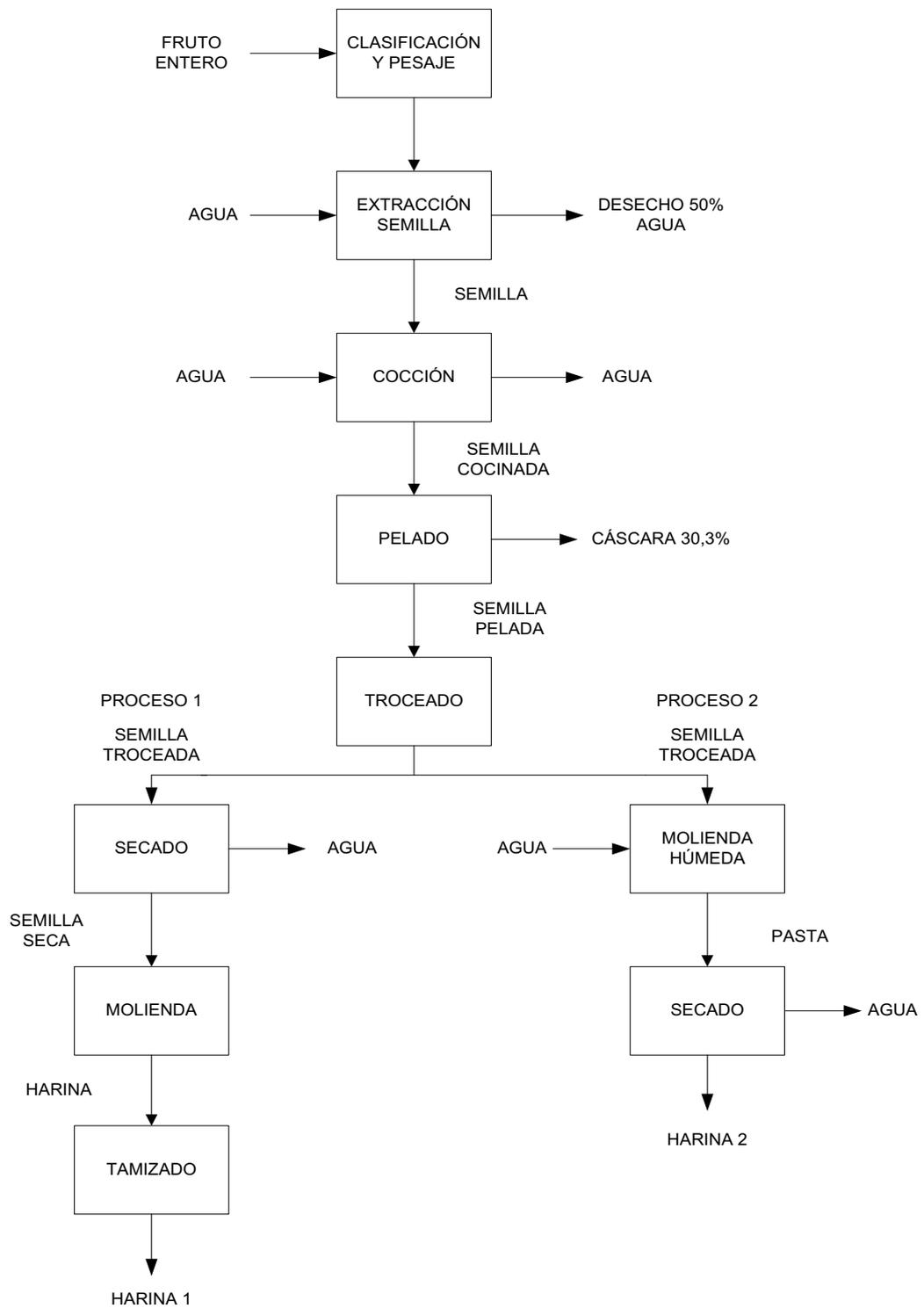
Al comparar los datos obtenidos con los rangos presentados por Ragone (2006), se tiene que el contenido de proteína y carbohidratos son ligeramente inferiores al valor mínimo presentado; mientras que, los valores de grasa, humedad y aporte calórico están comprendidos en los rangos presentados.

Ragone presenta, además, rangos de referencia para el contenido de micronutrientes, los cuales al comparar con los datos obtenidos muestran que el contenido de vitamina B3 está ligeramente por debajo del valor mínimo presentado; los valores de fósforo y potasio son considerablemente menores a los valores de referencia; mientras que los datos para magnesio, calcio y sodio son mayores a los presentados por Ragone.

En general, se puede decir que las tres muestras presentan el mismo patrón con respecto al contenido de macronutrientes, sin embargo las cantidades de vitaminas y minerales presentan una mayor diferencia o variabilidad, estas concentraciones son más vulnerables, ya que se ven afectadas o beneficiadas directamente con la calidad de suelo donde se desarrollaron.

### **3.2 PROCESAMIENTO DE LA SEMILLA DEL ÁRBOL DE PAN PARA LA OBTENCIÓN DE HARINA**

El proceso de elaboración de harina, que inicia con la recepción de la materia prima en la planta piloto, se describe a continuación en la Figura 3.1.



**Figura 3.1.** Diagrama de flujo para la obtención de harina de la semilla del árbol de pan

La elaboración de harina de las semillas del árbol de pan se realizó mediante el Proceso 1 y Proceso 2, los cuales son idénticos hasta el momento del troceado.

Estos procedimientos iniciaron con la recepción de la materia prima, como fruta completa, en la planta piloto. Las pérdidas registradas fueron del 0,2% de materia prima, este valor es mínimo ya que la fruta no útil para el proceso fue desechada durante la selección llevada a cabo en el momento de la cosecha.

Durante la fase manual de extracción de la semilla se retiró el corazón. A continuación, se extrajo la semilla mediante el uso de una peladora de papas. En esta etapa se obtuvo una pérdida del 50% de los 40 kg iniciales de materia prima.

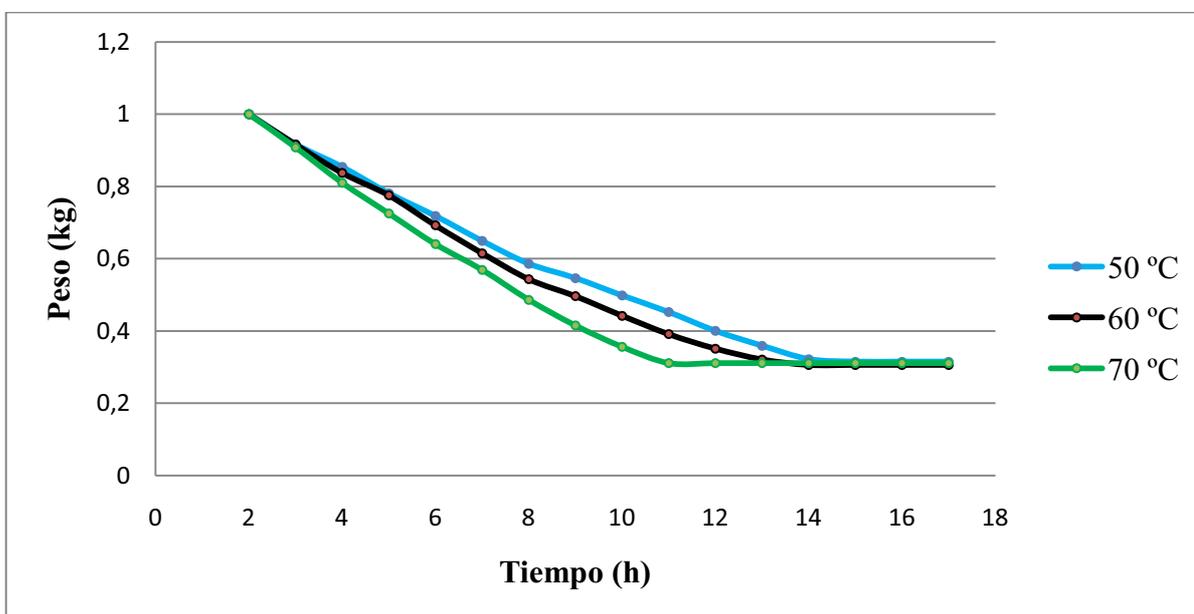
Para el Proceso 1 se cocinó la semilla, durante 30 minutos. Con este proceso se facilitó la separación de la semilla y su cáscara. En las pruebas realizadas se notó que las semillas que tuvieron un tiempo de cocción de 40 minutos formaron con mayor facilidad una pasta homogénea al momento de la molienda húmeda en el Proceso 2, además la pasta fue más estable que las semillas cocinadas durante tiempos menores, por este motivo las semillas utilizadas en el Proceso 2 fueron cocinadas durante 40 minutos. Durante la cocción se alcanzó una temperatura aproximada de 120 °C en el ambiente y 115 °C dentro de la semilla, además, la cáscara de la semilla se suavizó y se abrió parcialmente. Este proceso incorporó agua a la semilla, el agua incorporada representó un 13% de los 23 kg que pesó la muestra luego del mismo.

La semilla cocinada fue posteriormente pelada manualmente. El tiempo de pelado fue de aproximadamente 20 min por 1 kg de semilla. La duración de este proceso fue influenciada por el tiempo de cocción, ya que mientras más se cocinaron las semillas fueron más blandas y el pelado se volvió más lento. De igual forma, si la cocción no fue del tiempo suficiente, el retiro de la cutícula leñosa fue más difícil. Al retirar la cáscara, el peso de la muestra se redujo en un 30,3%, se obtuvo finalmente la parte comestible de la semilla, de donde se obtendrá la harina.

La semilla pelada fue troceada, para proceder a la molienda o para el secado. Durante este proceso no se registraron grandes pérdidas, el porcentaje de pérdida fue de 2%. A partir de este punto, se ensayaron dos alternativas de

procesamiento para la obtención del producto final. La una consistió en secar la muestra troceada, para posteriormente triturarla; mientras que la segunda alternativa contempló la formación de una pasta para posteriormente ser secada.

Para continuar con el Proceso 1, se definió la temperatura de secado según la figura 3.2 donde se observa que la temperatura a la cual la curva de secado se estabiliza en menor tiempo es 70 °C, con esta temperatura se alcanza un porcentaje de agua por debajo de 14,5%, límite máximo establecido en la norma técnica INEN 616:2006, en un período de 8 horas. El kilogramo de muestra inicial se redujo aproximadamente a 350 g de muestra seca.



**Figura 3.2.** Determinación del tiempo de secado a diferentes temperaturas

Esta muestra seca se trituró en un molino de pines para la obtención de la harina. Durante la molienda se registraron pérdidas de 2%. El producto final obtenido fue una harina de color crema, de partícula fina y olor característico.

Para el Proceso 2, la muestra troceada se mezcló con agua en proporción 1:1 peso/volumen, cantidad de agua necesaria para formar una pasta, la cual se pasó por un molino coloidal, de donde se obtuvo una pasta uniforme de color crema.

El secado de la pasta se realizó en un secador de rodillos. Se obtuvo como producto final una delgada lámina continua con textura similar a la de una ostia lista para el consumo, de color crema y olor particular.

### 3.3 CARACTERIZACIÓN DE LA HARINA DE LAS SEMILLAS DEL ÁRBOL DE PAN

#### 3.3.1 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y FUNCIONAL DE LA HARINA

A continuación en la Tabla 3.3 se presentan los resultados obtenidos de la caracterización química y funcional de la harina.

**Tabla 3.3.** Composición bromatológica de la harina de las semillas del árbol de pan comparado con los resultados de Oshodi (1999) y Ragone (2006)

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	RESULTADO*	RESULTADO**
Proteína	%	11,40	20,00	12,71 - 19,02
Humedad	%	4,40	4,40	4,40
Grasa	%	7,85	3,11	5,92 - 27,72
pH		6,14		
Cenizas	%	3,34	3,63	
Fibra	%	8,32	1,77	
Carbohidratos	%	64,68	67,06	72,84
Aporte calórico	kcal/100 g	375	380,48	395,59 - 617,00
Acidez	%	0,77		
Betacaroteno	mg/100 g	LND		
Vitamina C	mg/100 g	3,45		
Vitamina B2	mg/100 g	LND		
Vitamina B3	mg/100 g	5,57		7,93
Fósforo	mg/100 g	151,20	166,26	305,92 - 344,16
Hierro	mg/100 g	5,54		8,70
Magnesio	mg/kg	469,90	831,30	95,60
Potasio	mg/kg	13366,00	7273,91	3059,20 - 15487,20
Calcio	mg/kg	713,00	1870,43	630,96 - 669,20
Sodio	mg/kg	109,40	30134,78	15,29

\*(Oshodi, 1999)

\*\* (Ragone, 2006)

De los datos obtenidos en el análisis químico de la harina del árbol de pan, comparado con los presentados por Oshodi (1999) se tiene porcentajes de

proteína menores. El contenido de grasa y fibra en la muestra analizada es mayor a los valores referenciales. El porcentaje de carbohidratos, cenizas, así como el aporte calórico es similar a la referencia.

Se pueden, también, comparar los valores obtenidos con los rangos presentados por Ragone (2006), de donde se tiene que el contenido de proteína, carbohidratos así como el aporte calórico es menor al valor mínimo del rango de referencia; mientras que, el contenido de grasa se ubica dentro del rango presentado.

Los dos autores mencionados presentan, además, valores del contenido de micronutrientes, los cuales al comparar, con los obtenidos mediante la caracterización funcional, se puede decir que el contenido de vitamina B3 es menor a la referencia bibliográfica; el contenido de fósforo es menor a los valores presentados por ambos autores, y el contenido de hierro es, significativamente, menor al valor presentado por Ragone; los datos del contenido de magnesio son mayores a los presentados por Ragone, pero menores a los de Oshodi; el contenido de potasio es mayor a los de Oshodi pero está comprendido en el rango presentado por Ragone; el contenido de calcio y sodio superan el rango de Ragone, pero está por debajo del valor presentado por Oshodi.

Las diferencias en contenido de micronutrientes en los tres casos son fácilmente identificables, lo cual se puede atribuir a la ubicación geográfica y al clima donde se cultivaron, asociadas directamente a la composición del suelo de cultivo; mientras, mayor contenido disponible de los respectivos micronutrientes posee el suelo mayor es la asimilación del mismo en la planta.

En la Tabla 3.4 se encuentra la comparación química y funcional, de la harina de las semillas del árbol de pan, harina de trigo y harina de soya desgrasada.

**Tabla 3.4.** Análisis bromatológico de la harina de las semillas del árbol de pan comparado con harina de trigo y de soya desgrasada

PARÁMETROS	UNIDAD	Harina de semillas del árbol de pan	Harina trigo*	Harina de soya** Desgrasada
Proteína	%	11,40	11,79	47,57
Humedad	%	4,40	14,70	11,00
Grasa	%	7,85	1,30	0,99
Cenizas	%	3,34	0,40	6,50
Fibra	%	8,32	4,78	7,31
Carbohidratos	%	64,68	66,74	31,13
Aporte calórico	kcal/100 g	375,00	325,82	323,96
Fósforo	mg/100 g	151,20	161,00	550,00
Magnesio	mg/kg	469,90		2200,00
Potasio	mg/kg	13366,00	1700,00	18000,00
Calcio	mg/kg	713,00	200,00	2010,00
Sodio	mg/kg	109,40	30,00	47,30

(\*Instituto de Nutrición de Centro América, 1961; Souci, Fachmann y Kraut, 1994)

(\*\*Empresa GRASAS UNICOL)

Al realizar la comparación de contenido de proteína entre la harina de las semillas del árbol de pan, trigo y soya desgrasada, se observa que esta última tiene un contenido casi 4 veces mayor a los presentados por la semilla del árbol de pan y el trigo de 11,40% y 11,79% respectivamente, por este motivo la harina de soya desgrasada se utiliza como complemento nutricional al momento de elaborar una mezcla nutritiva con base en la harina obtenida de las semillas del árbol de pan.

En cuanto al contenido de grasa, la harina de las semillas del árbol de pan presenta 7,85%, valor mayor al comparar con 1,30% que presenta el trigo y al 0,99% de la soya desgrasada, este parámetro resulta inconveniente ya que las probabilidades de enranciamiento de la harina se aumentan.

El contenido de ceniza es variable entre los tres productos, la semilla del árbol de pan presenta un 3,34%, el trigo presenta 0,40%, mientras que el mayor valor presenta la soya desgrasada con 6,50%.

El contenido de carbohidratos de la harina de las semillas del árbol de pan 64,68% y harina de trigo 66,74% son mayores al contenido en la harina de soya desgrasada 31,13%.

El aporte calórico que presentan estas harinas, es relativamente similar, reportando 375,00, 325,82 y 323,96 kcal/100 g respectivamente. El contenido de fósforo presente en la harina de soya desgrasada, es cinco veces mayor a la otras con 550,00 mg/100 g.

El magnesio presente en la harina de soya desgrasada, es considerablemente mayor al presente en la harina de las semillas del árbol de pan, con valores de 2200,00 mg/kg y 469,90 mg/kg respectivamente.

Los valores de potasio contenidos en la harina de las semillas del árbol de pan y en la harina de soya desgrasada, superan con facilidad el valor contenido en la harina de trigo, reportando 18.000,00 mg/kg, 13.366,00 mg/kg y 1.700,00 mg/kg correspondientemente. De igual manera, los valores de calcio presentes en la harina de semillas del árbol de pan 713,00 mg/kg y harina de soya desgrasada 2.010,00 mg/kg so mayores al presentado por la harina de trigo 200,00 mg/kg.

El contenido de sodio presente en la harina de las semillas del árbol de pan 109,40 mg/kg, es el mayor comparado a la harina de trigo 30,00 mg/kg y a la harina de soya desgrasada 47,30 mg/kg.

Esta comparación, nos permite visualizar, la manera de cómo estas harinas se complementarán entre sí, para dar lugar a una mezcla más nutritiva y aprovechable en las diferentes industrias alimenticias.

A continuación en la Tabla 3.5 se presenta el análisis de aminoácidos realizados en la harina de las semillas del árbol de pan.

**Tabla 3.5.** Composición de aminoácidos (mg/g proteína) de la harina de las semillas del árbol de pan comparada con la presentada por Oshodi (1999)

<b>Aminoácidos</b>	<b>Harina de la semillas del árbol de pan</b>	<b>Harina de las semillas del árbol de pan*</b>
Ácido aspártico	97,3	96,7
Ácido glutámico	75,5	103,8
Serina	47,8	33,7
Glicina	46,9	81,2
Histidina	17,6	27,3
Arginina	18,4	55,6
Treonina	44,5	27,6
Alanina	14,3	80,5
Fenilalanina	56,2	61,7
Tirosina	33,6	42,7
Valina	41,1	106,8
Metionina	5	8,5
Cisteína	3,4	7,6
Isoleucina	36	77,6
Leucina	47,8	74,4
Triptófano	5,03	LND
Prolina	30,2	53,6
Lisina	56,2	61,2

(\*Oshodi, 1999)

Antes de empezar la discusión, se aclara que los datos anteriormente mostrados fueron obtenidos mediante el mismo procedimiento y están reportados en base seca.

Para dar inicio, se comparó sólo los aminoácidos esenciales, ya que son los que más nos interesan, por no poder ser sintetizados por el cuerpo humano. Como resultado de la comparación, se tiene, que casi la mayoría de los aminoácidos esenciales obtenidos experimentalmente son menores a los expuestos por Oshodi, a excepción de la fenilalanina y lisina que presentan datos similares y de la treonina y triptófano los cuales presentan valores mayores.

Las diferencias más marcadas se encontraron en la valina y el triptófano, en la valina se obtuvo el valor de 41,1 mg/g proteína que comparado con el de Oshodi de 106,8 mg/g proteína, representa una diferencia del 61,5%. Con respecto al

triptófano, se obtuvo el resultado de 5,03 mg/g proteína valor el cual no tuvo oportunidad de comparación ya que Oshodi obtuvo un límite no detectable.

Para finalizar con la caracterización química, se obtuvo el porcentaje de almidón presente en la Harina 1 y la Harina 2, los cuales fueron de 26,29% y 26,83% respectivamente, con lo que se pudo determinar, que la diferencia en los procesos de obtención de harina no afectan a la cantidad de almidón presente en el producto final.

Al comparar los valores de almidón obtenidos, con los presentados en la harina de trigo, que tiene porcentajes de 67 a 70%, donde se resalta la deficiencia de almidón que presenta la harina de las semillas del árbol de pan, razón por la cual, se justifica la mezcla de las dos harinas en la elaboración de pan, con el fin de mejorar la estructura en la masa utilizada para este propósito.

### **3.3.2 ESTABILIDAD DE LA HARINA DE LAS SEMILLAS DEL ÁRBOL DE PAN**

A partir del ensayo de estabilidad, realizado a partir de lo mencionado en la sección 2.2.10, se obtuvo que, a los 2 meses y medio se detectaron cambios en las características organolépticas de la harina 1, la cual fue obtenida mediante el proceso de secado en estufa, mientras que, en la harina 2, obtenida con un proceso de secado en rodillos, no se detectaron cambios en este sentido, durante los tres meses que duro dicho ensayo.

Las características organolépticas, de la harina 1, que sufrieron cambios fueron olor y sabor, sin presentar cambios en las características visuales de la misma. Esta muestra presentó lo que un consumidor o catador denomina como sabores y olores a rancio, lo cual de acuerdo con la bibliografía revisada, puede ser producto de la absorción de aromas extraños, acción enzimática o acción de microorganismos.

La primera de estas causas, resulta poco probable, ya que, las muestras se conservaron en fundas plásticas cerradas, colocadas en lugares aislados, precisamente para evitar este tipo de fenómenos.

En cuanto al enranciamiento por acción enzimática, se descarta la posibilidad, debido al tratamiento térmico al que fueron sometidas las semillas, en el cual se alcanzó una temperatura de 115 °C en el interior de la semilla, temperatura a la cual se inactivan las enzimas propias del alimento.

Por último, se tiene como hipótesis, que la responsabilidad de los cambios organolépticos es la acción de microorganismos, los cuales forman radicales, entre los que se destacan los peróxidos, los mismos que al descomponerse, generan el olor y el sabor generalmente conocido como rancio; como evidencia, la muestra que presentó los cambios organolépticos, registró un contenido de 15,88 meq O<sub>2</sub> peroxídico/kg, cantidad que no debería existir si la harina se encontrara en buenas condiciones.

Para corroborar esta hipótesis, se realizó un nuevo ensayo bajo las mismas condiciones para la producción de harina 1, la cual presentó los cambios organolépticos anteriormente expresados. A esta harina se le realizó un análisis microbiológico. Los resultados obtenidos del análisis microbiológico de la harina de las semillas del árbol de pan se detallan en la Tabla 3.6.

**Tabla 3.6.** Análisis microbiológico de la harina de las semillas del árbol de pan comparados con los límites de aceptación y rechazo de la NTE INEN 616-3R

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO	INEN (m)*	INEN (M)**
Recuento aerobios mesófilos	ufc/g	1,4 x 10 <sup>5</sup>	1 x 10 <sup>5</sup>	1 x 10 <sup>6</sup>
Recuento de mohos	ufc/g	1,5 x 10 <sup>4</sup>	500	1000
Recuento de levaduras	ufc/g	2,8 x 10 <sup>4</sup>		
Recuento de coliformes totales	ufc/g	1,5 x 10 <sup>3</sup>	100	1000
Escherichia coli (Recuento)	ufc/g	<10	0	0

\*INEN (m): límite de aceptación (NTE INEN 616-3R)

\*\*INEN (M): límite de rechazo (NTE INEN 616-3R)

Los resultados obtenidos se compararon con los estándares de aceptación y rechazo de contenido de microorganismos establecidos por el INEN. Se observa que la muestra analizada presentó un contenido microbiológico elevado, que supera fácilmente, incluso, los límites de rechazo. Solamente el recuento de aerobios mesófilos se encuentra comprendido entre los límites de aceptación y rechazo; pero, de igual manera, no cumple con los estándares propuestos.

Se considera que esta contaminación microbiológica se debió a la manipulación de las semillas especialmente durante el pelado de las mismas, así como por las condiciones de higiene no adecuadas de la maquinaria y equipos utilizados. No se pudo tener un control adecuado de las condiciones de higiene, ya que la planta piloto no es de uso exclusivo, estos parámetros deben ser regulados al momento de operar una planta privada con fines de comercialización del producto elaborado, para que el contenido de microorganismos deje de presentarse como inconveniente.

### 3.4 FORMULACIÓN DE UNA MEZCLA NUTRITIVA CON BASE EN LA HARINA OBTENIDA

En la Tabla 3.7 y 3.8, se muestran las comparaciones de aminoácidos, de la harina de la semilla del árbol de pan y de harina de soya con los requerimientos propuestos por la FAO.

**Tabla 3.7.** Comparación de la cantidad aminoácidos (mg/g proteína) de la harina de las semillas del árbol de pan, con los requerimientos propuestos por la FAO.

	Lys	Thr	Trp	Met + Cys	Phe + Tyr	Ile	Leu	Val	His
<b>Harina de las semillas del árbol de pan</b>	56,2	44,46	5,03	8,38	89,76	36,07	47,81	41,1	17,61
<b>Requerimientos propuesto por la FAO</b>	58	34	11	25	63	28	66	35	19
<b>Resultado %</b>	96,90	130,76	45,73	33,52	142,48	128,82	72,44	117,43	92,68

Como resultado se tiene que la harina de las semillas del árbol de pan, tiene 5 aminoácidos los cuales no cumplen con los requerimientos de la FAO, donde se encuentran la lisina, triptófano, metionina + cisteína, leucina e histidina.

Se tiene que el aminoácido limitante es la metionina + cisteína, por ser el elemento en cubrir en menor porcentaje el total del requerimiento propuesto por la FAO, solo con un 33,52%, por lo tanto se lo utilizará para el cálculo de la mezcla óptima con harina de soya desgrasada.

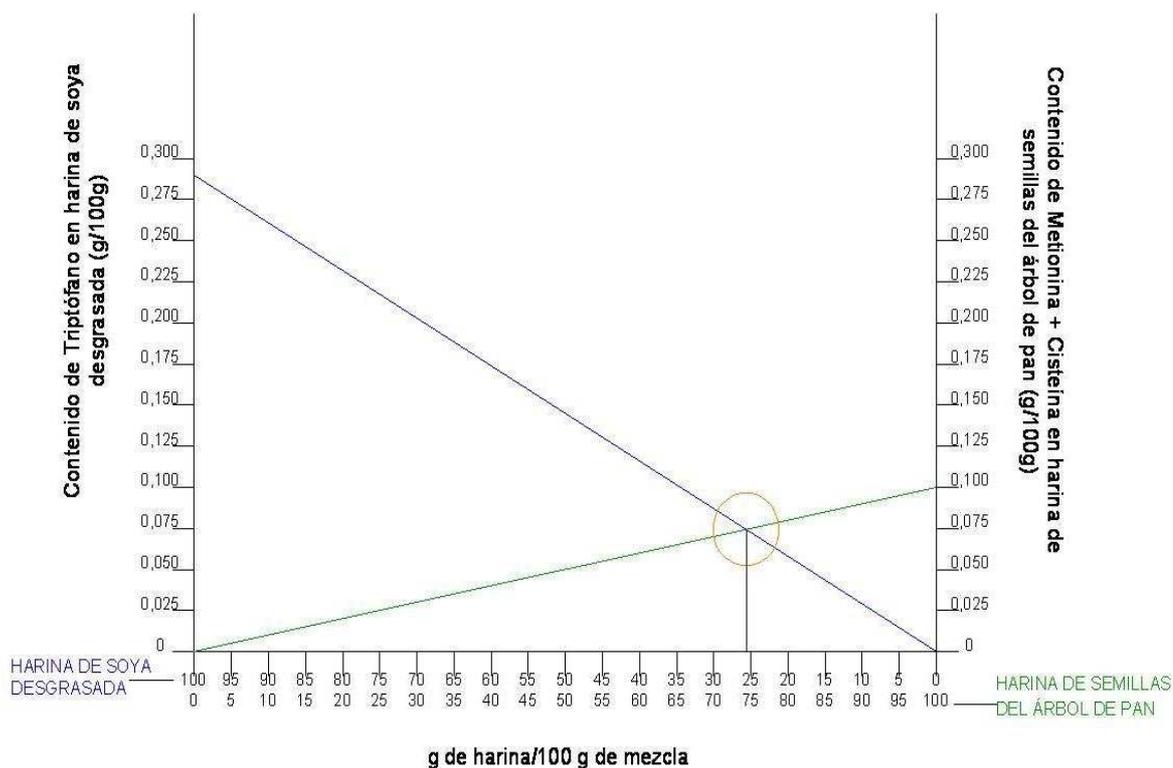
**Tabla 3.8.** Comparación de la cantidad aminoácidos (mg/g proteína) de la harina de soya desgrasada, con los requerimientos propuestos por la FAO.

	Lys	Thr	Trp	Met + Cys	Phe + Tyr	Ile	Leu	Val	His
<b>Harina soya desgrasada</b>	51,64	37,05	5,42	17,02	78,77	38,92	83,27	37,23	26,01
<b>Requerimientos propuesto por la FAO</b>	58	34	11	25	63	28	66	35	19
<b>Resultado</b>	89,03	108,97	49,27	68,08	125,03	139,00	126,17	106,37	136,89

El resultado de la comparación, revela que solo 3 aminoácidos, entre estos la lisina, triptófano y metionina + cisteína, no cumplen con los requerimientos de la FAO.

Se tiene que el aminoácido limitante es triptófano, por ser el elemento en cubrir en menor porcentaje el total del requerimiento propuesto por la FAO, solo con un 49,27%, por lo tanto se lo utilizará para el cálculo de la mezcla óptima con harina de las semillas del árbol de pan.

En la Figura 3.3 se muestra la gráfica para la obtención del porcentaje de harina de semillas del árbol de pan y harina de soya desgrasada, requerida para la obtención de la mezcla óptima.

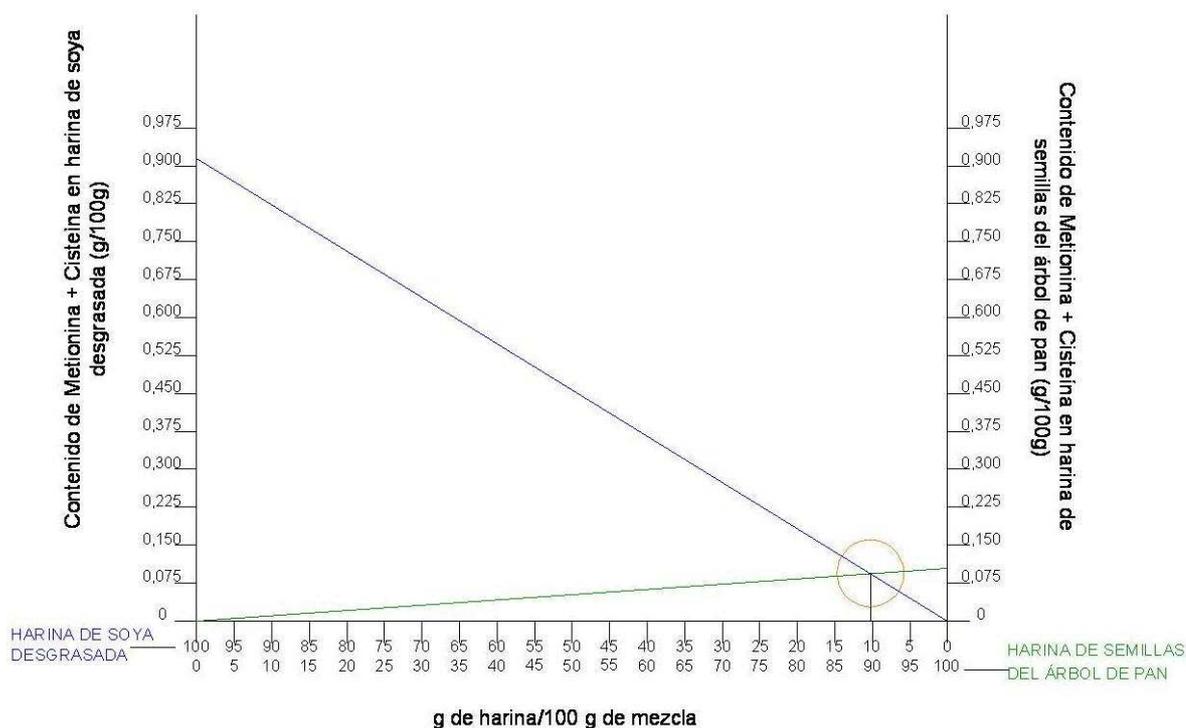


**Figura 3.3.** Composición óptima de HMN, según el aminoácido limitante de cada harina.

La mezcla nutritiva que optimiza el aporte proteico, considerando el aminoácido limitante de cada harina, está compuesta por 74% de harina de las semillas del árbol de pan y 26% de harina de soja desgrasada.

Se estima que el aminoácido limitante de la mezcla, será la metionina + cisteína, debido a que, al mezclar las dos harinas, la harina de las semillas del árbol de pan se encuentra en mayor cantidad. Por este motivo se buscó optimizar la mezcla en base al aminoácido limitante de la misma.

En la Figura 3.4 se muestra la gráfica para la obtención del porcentaje de harina de las semillas del árbol de pan y harina de soja desgrasada, de acuerdo al contenido de metionina + cisteína de cada componente.



**Figura 3.4.** Composición óptima de HMN, según el aminoácido limitante de la mezcla.

La mezcla nutritiva que optimiza el aporte proteico, considerando el aminoácido limitante de la mezcla, está compuesta por 89% de harina de las semillas del árbol de pan y 11% de harina de soya desgrasada.

Como resultado de las figuras anteriormente mostradas, se tiene que, la mezcla óptima entre las dos harinas, se encuentra en un rango de 74 a 89% de harina de las semillas de árbol de pan y de 26 a 11% de harina de soya desgrasada.

Se resolvió que la mezcla óptima a utilizarse estará compuesta por 80% de harina de las semillas de árbol de pan y 20% de harina de soya desgrasada, valores comprendidos en el rango anteriormente mencionado.

En la Tabla 3.9 se presenta el cálculo del score de aminoácidos para la mezcla nutritiva conformada por, 80 % de harina de las semillas del árbol de pan y 20 % de harina de soya desgrasada.

**Tabla 3.9.** Formulación de la mezcla nutritiva a base de harina de semillas de árbol de pan (80%) y harina de soya desgrasada (20%)

Componentes	Peso (g)	Prot (g)	Lys (mg)	Thr (mg)	Trp (mg)	Met + Cys (mg)	Phe+ Tyr (mg)	Ile (mg)	Leu (mg)	Val (mg)	His (mg)
Harina fruto pan	80	9,12	281,00	222,30	25,15	41,90	448,80	180,35	239,05	205,50	88,05
Harina de soya desgrasada	20	9,51	58,87	42,24	6,18	19,40	89,80	44,37	94,93	42,44	29,65
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>18,63</b>	<b>339,87</b>	<b>264,54</b>	<b>31,33</b>	<b>61,30</b>	<b>538,60</b>	<b>224,72</b>	<b>333,98</b>	<b>247,94</b>	<b>117,70</b>
Patrón FAO/WHO/UNU (mg/gN)			362,5	212,5	68,75	156,25	393,75	175	412,5	218,75	118,75
<b>A</b> Score aminoácidos (%)			93,76	124,49	45,57	39,23	136,79	128,41	80,96	113,35	99,12
<b>B</b> Proteína (%)		18,63									
<b>C</b> NPV=(AxB/100) (%)		7,31									

El valor neto de proteína que presenta la mezcla nutritiva de 80% de harina de las semillas del árbol de pan y 20% de harina de soya desgrasada, es de 7,31%, valor mayor al obtenido en una mezcla de 90% de harina de semillas del árbol de pan y 10 % de harina de soya desgrasada de 5,46% y valor menor al 9,37% obtenido en una mezcla de 70% de harina de semillas del árbol de pan y 30 % de harina de soya desgrasada.

### 3.5 CONTENIDO DE NUTRIENTES EN LA HARINA DE LA MEZCLA NUTRITIVA

En la Tabla 3.10 se presenta el contenido nutricional que brinda la mezcla nutritiva compuesta de 80% de harina de las semillas del árbol de pan y 20% de harina de soya desgrasada.

**Tabla 3.10.** Contenido nutricional de la mezcla nutritiva en 100 g.

<b>PARÁMETROS</b>	<b>HARINA SEMILLAS ÁRBOL DE PAN 80%</b>	<b>HARINA DE SOYA DESGRASADA 20%</b>	<b>HARINA MEZCLA NUTRITIVA 100%</b>
Proteína %	9,12	9,51	18,63
Fibra %	6,65	1,46	8,11
Carbohidratos %	51,74	6,22	57,96
Grasa %	7,85	0,99	6,47
Calorías kcal/100g	300	64,79	364,79
Vitamina C mg/100g	2,76		2,76
Vitamina B3 mg/100g	4,45		4,45
Fósforo mg/100g	120,96	110	230,96
Hierro mg/100g	4,43	1,32	5,75
Magnesio mg/kg	375,92	440	815,92
Calcio mg/kg	570,4	402	972,4
Sodio mg/kg	87,52	9,46	96,98

La mezcla nutritiva aporta con 364,79 kcal/100g, tiene un contenido de carbohidratos del 57,96%, provenientes principalmente de la harina de las semillas del árbol de pan. La proteína presenta un valor de 18,63%, valor del cual, la mitad aporta la harina de soya desgrasada, a pesar de que esta harina constituye únicamente el 20% de la mezcla nutritiva.

Dentro de los objetivos de este trabajo se busca usar la HMN como complemento en la formulación de nuevos productos alimenticios con un alto valor nutritivo, por lo tanto en la Tabla 3.11 se presentan los valores nutricionales de la mezcla nutritiva, comparados con los requerimientos nutricionales de niños en edad preescolar.

**Tabla 3.11.** Comparación del contenido nutricional de la harina de la mezcla nutritiva con los requerimientos diarios para niños preescolares de 3 a 6 años

PARÁMETROS	HARINA MEZCLA NUTRITIVA	REQUERIMIENTOS DIARIOS PARA NIÑOS DE 3 A 6 AÑOS*
Proteína	18,63%	13 g/día
Fibra	8,11%	25 g/día
Carbohidratos	57,96%	130 g/día
Calorías	364,79 kcal/100g	1800 kcal/día
Vitamina C	2,76 mg/100g	45 mg/día
Vitamina B3	4,45 mg/100g	12 mg/día
Fósforo	230 mg/100g	460 mg/día
Hierro	5,75 mg/100g	10 mg/día
Magnesio	815,92 mg/kg	80 mg/día
Calcio	972,40 mg/kg	500 mg/día
Sodio	96,98 mg/kg	1500 mg/día

(\*Hidalgo, 2003)

Los requerimientos diarios para niños preescolares presentes en la tabla anterior deben ser cubiertos por 6 grupos alimenticios, entre los cuales se tiene a, grupo 1: cereales, leguminosas y derivados, grupo 2: verduras y frutas, grupo 3: leche, yogures y quesos, grupo 4: huevos carnes y derivados, grupo 5: azúcares y dulces, y grupo 6: grasas, aceites, frutas secas, semillas oleaginosas y chocolate.

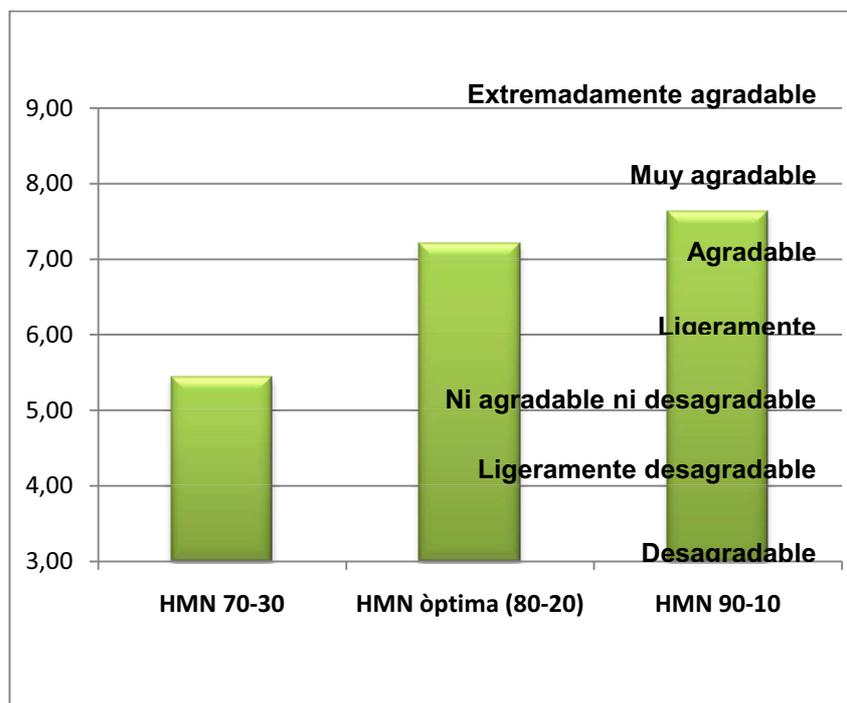
La harina de la mezcla nutritiva forma parte del grupo 1, el comité de nutrición de la sociedad uruguaya de pediatría recomienda una ingesta de 3 porciones del grupo 1 de 50 g cada una por día, cada porción aporta con 163 kcal, 6,2 g de proteína, 1,7 g de grasa y 27,1 g de carbohidratos.

En 50 g de la mezcla nutritiva se encontró 182,39 kcal, 9,31 g de proteína, 3,23 g de grasa y 28,98 g de carbohidratos, por lo tanto se puede decir que la harina de mezcla nutritiva posee las características necesarias para ser utilizada como complemento nutricional.

### **3.6 CARACTERIZACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LA MEZCLA EN PRODUCTOS LISTOS PARA EL CONSUMO HUMANO**

### 3.6.1 CARACTERIZACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LA MEZCLA NUTRITIVA ÓPTIMA

Las encuestas empleadas para la caracterización organoléptica de la mezcla nutritiva óptima y las otras mezclas descritas en la sección 2.5, utilizadas en la elaboración de galletas, se encuentran tabuladas en la Figura 3.4.



**Figura 3.5.** Resultado de la prueba de medición del grado de satisfacción en las mezclas de HMN.

Se observa que las galletas elaboradas con HMN óptima no presentaron las características organolépticas más agradables al consumidor y que la mezcla con mayor aceptación es la que contiene 90% harina de las semillas el árbol de pan y 10% de harina de soya desgrasada.

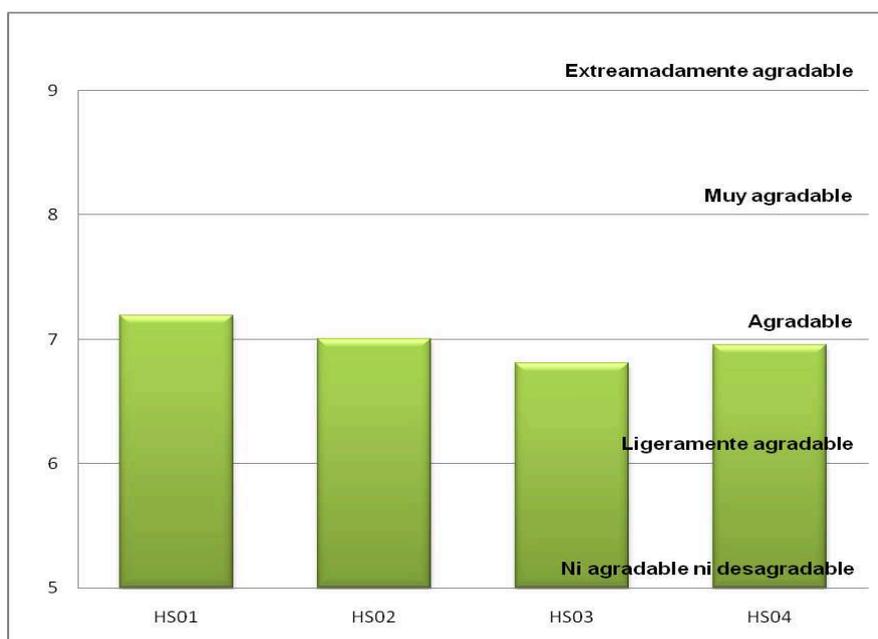
Se resalta, que el contenido de harina de soya desgrasada presente en la mezcla, es la causante del deterioro de las características organolépticas como el sabor, olor y textura. Sin embargo no se puede prescindir de las características nutricionales que aporta la harina de soya desgrasada en la mezcla.

Dado que el propósito de este trabajo, es promover el uso de la harina de las semillas del árbol de pan y al mismo tiempo desarrollar un producto que sirva

como suplemento nutricional, se escogerá la mezcla nutritiva óptima compuesta de 80% de harina de semillas del árbol de pan y 20% de harina de soya desgrasada, que alcanza un valor neto de proteína de 7,31% asimilable por el cuerpo humano.

### 3.6.2 CARACTERIZACIÓN ORGANOLÉPTICA DE LAS GALLETAS

A continuación en la Figura 3.5 se presenta la tabulación de las encuestas realizadas para la caracterización organoléptica en galletas.



**Figura 3.6.** Resultado de la prueba de medición del grado de satisfacción en la galleta

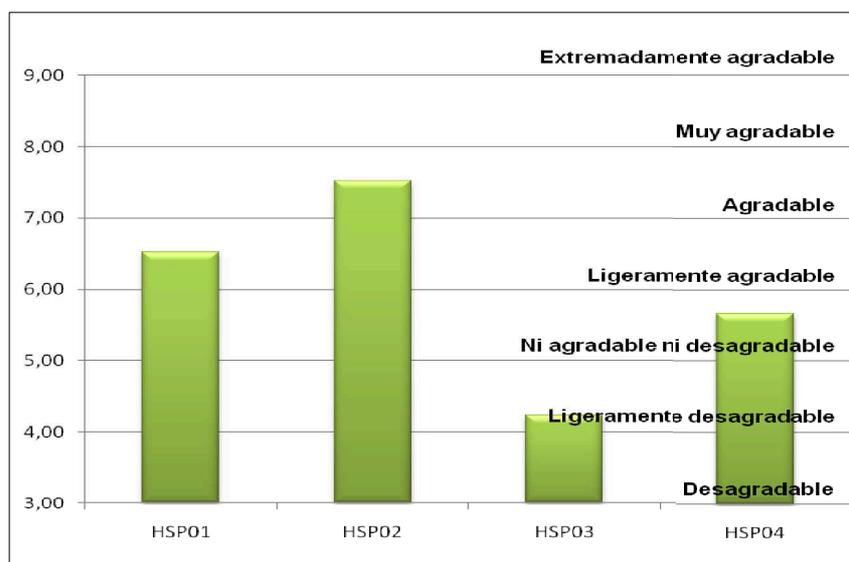
Se observa que todas las muestras presentan un nivel similar de satisfacción, comprendido entre ligeramente agradable y agradable, obteniendo la mejor calificación la mezcla HS01 integrada por 25% de HMN y 75% de harina de trigo.

Según los comentarios adicionales presentados por los encuestados, se tiene que el principal inconveniente encontrado se refiere a la dureza de la galleta, independientemente de los porcentajes de mezcla nutritiva utilizados para su elaboración, ya que en todas las muestras se describe a la galleta como dura. En cuanto al olor, la galleta no presenta aromas extraños ni desagradables.

A pesar, de que las galletas con mayor contenido de HMN no fueron las de mejor calificación, podemos decir que es favorable la utilización de la HMN en la industria pastelera, ya que el producto final depende mucho de la receta utilizada, y es aquí donde se debería experimentar con otros productos y otras concentraciones para obtener mejor resultados en cuanto a las características organolépticas del producto final.

### 3.6.3 CARACTERIZACIÓN DEL PAN

En la Figura 3.6 encontramos el resultado de las encuestas realizadas para la caracterización organoléptica de pan, elaborado a base de las 4 mezclas de HMN y harina de trigo.



**Figura 3.7.** Resultado de la prueba de medición del grado de satisfacción en el pan

De acuerdo con la figura anterior se observa que la muestra HSP02 es la que mayor aceptabilidad tiene, seguida por la muestra HSP01 la cual ha sido calificada como ligeramente agradable, la muestra HSP04 tiene una calificación entre ni agradable ni desagradable y ligeramente agradable, la muestra HSP03 es la que menor aceptabilidad tiene y se la ha calificado como ligeramente desagradable.

La textura y el sabor del pan de la muestra HSP02 son distintos a los del pan común, lo cual resulta interesante y novedoso para el consumidor, sin embargo en

los panes elaborados con mayor contenido de HMN la diferencia de estas características organolépticas ya no son agradables.

En cuanto a los comentarios adicionales presentados por los encuestados, se tiene que las muestras HSP03 y HSP04 son las de menor aceptabilidad ya que estas no presentan características visuales similares a las de un pan, además de que ambas muestras tienen una consistencia blanda y su sabor no es agradable.

En cuanto al olor, el pan no presenta aromas extraños ni desagradables.

Al comprobar que con el uso de HMN, se pudo elaborar un pan con buenas características, podemos incentivar el uso de este componente en el arte de la panadería, por sus cualidades nutricionales y como una harina integral, y de esta manera estar actualizado con las exigencias del consumidor, el cual está cambiando sus hábitos alimenticios en la búsqueda de alimentos más sanos.

### **3.7 ANÁLISIS DE FACTORES DE COSTO DEL PROCESO**

#### **3.7.1 MATERIALES DIRECTOS**

La materia prima no tiene precio establecido en el mercado, debido a que su producción no se realiza de manera intensiva y tampoco con fines de lucro. No se canceló ningún valor al adquirir la materia prima utilizada, pero se conoce que se venden las 60 semillas por el valor de USD 0,35, se considera el número de semillas por fruto presentado en la sección 3.1.1.1, de donde se tiene que un fruto posee en promedio 54 semillas y que el fruto entero pesa aproximadamente 1kg, se estimó un precio de USD 0,35/kg al considerar que el valor total corresponde al precio de las semillas ya que el resto del fruto es desechado.

En la Tabla 3.12 se detallan los costos generados para procesar 1.000 kg de materia prima, por día, para la obtención de harina de las semillas del árbol de pan. Se debe indicar que esta cantidad es un valor hipotético, ya que se desconoce la cantidad de materia prima disponible, este valor se estableció de acuerdo a la capacidad de procesamiento de la maquinaria, se considera además que el presente trabajo tiene como fin el desarrollo de un proceso de elaboración

de harina de las semillas del árbol de pan y su uso potencial para consumo humano, mas no la determinación de la viabilidad financiera del mismo.

**Tabla 3.12.** Requerimiento de materiales directos

DENOMINACION	AÑO 1		
	CANTIDAD (kg)	VALOR UNITARIO (USD)	TOTAL (USD)
Fruto de pan entero	240.000	0,35	76.800,00
Harina de soya desgrasada	10.560	2,50	26.400,00

### 3.7.2 MANO DE OBRA DIRECTA

El proceso que mayor mano de obra requiere y, por ende, el que mayor costo refleja en la obtención de harina de las semillas del árbol de pan es el pelado. En Tabla 3.13 se detalla el requerimiento de personal. En el caso del pelado se considera que cada persona pela aproximadamente 20kg/día, con base en el tiempo empleado para pelar las semillas utilizadas para este trabajo.

**Tabla 3.13.** Requerimiento de mano de obra

DENOMINACIÓN	Nº	Sueldo Mensual (USD)	Total Anual (USD)
Calificados	1	500,00	6.000
Semi-calificados	2	350,00	8.400
No calificados	22	240,00	63.360

### 3.7.3 SUMINISTROS

El consumo de agua, energía eléctrica y combustible, necesarios para el funcionamiento de la maquinaria durante un día laborable de 8 horas y una semana laboral de 5 días, se detalla en la Tabla 3.14.

**Tabla 3.14.** Requerimiento de suministros

<b>RUBRO</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor Unitario (USD)</b>	<b>Valor Total (USD)</b>
Energía eléctrica (kw-h)	111.418	0,05	5.794
Combustible - diesel - (gal)	700	1,20	840
Agua (m <sup>3</sup> )	6.500	0,42	2.730

### **3.7.4 RENTABILIDAD**

Se realizó un análisis del proyecto para determinar su rentabilidad y se obtuvo una TIR de 28% y un VAN de USD 224.771,67. El detalle de dicho análisis se encuentra en los Anexos VIII, IX, X, XI.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 CONCLUSIONES

1. De acuerdo con los resultados obtenidos en cuanto a las características físicas de la fruta se puede decir que tienen un promedio de 16,3 cm de largo, 13 cm de ancho, 41,1 cm de circunferencia y un peso promedio de 1.064,2 gramos.
2. Se obtiene, experimentalmente, que el porcentaje de pulpa y corteza con relación al peso total de la fruta es del 50%, el 50% restante está compuesto por 31,5% de semilla y 18,5% que corresponde a cáscara de semilla.
3. Los resultados de la caracterización química en la semilla fresca presentaron un porcentaje de proteína de 5,15%, grasa de 3,65%, un aporte energético de 154,1 kcal/100 g, un porcentaje de humedad de 59,31%, cenizas de 1,64%, carbohidratos de 25,17% y un porcentaje de fibra de 5,07%.
4. De los resultados de la caracterización química en la semilla seca se tiene que el porcentaje de proteína es de 11,4%, grasa es de 7,85%, el contenido de fibra en la fruta analizada es de 8,32%, el porcentaje de carbohidratos es de 64,68% y cenizas de 3,34%.
5. Se definieron dos procesos tecnológicos para la elaboración de harina de las semillas del árbol pan y su posterior mezcla con harina de soya, mediante el uso de la maquinaria disponible en la planta piloto. Se obtuvieron 6,86 kg de harina mediante el Proceso 1 y 6,51 kg de harina mediante el Proceso 2, los dos procesos se iniciaron con 40 kg de fruta fresca.

6. El tiempo de cocción de las semillas tuvo un efecto importante al momento del proceso del pelado, en donde mayor tiempo de cocción mayor dificultad para el pelado. Sin embargo mientras mayor tiempo de cocción mejor es la estructura de la pasta que se forma para el Proceso 2.
7. La mezcla nutritiva se elaboró con base en los aminoácidos limitantes de la harina de las semillas del árbol de pan y harina de soya desgrasada, resultado de la comparación de las cantidades de cada uno de los aminoácidos presentes en las harinas, para la cantidad de cada aminoácido propuesto por la FAO para niños preescolares.
8. La HMN óptima está compuesta por 80% de harina de las semillas del árbol de pan y 20% de harina de soya desgrasada.
9. En 50 g de mezcla nutritiva se encontraron 182,39 kcal, 9,31 g de proteína, 3,23 g de grasa y 28,98 g de carbohidratos, por lo tanto se puede decir que la harina de mezcla nutritiva posee las características necesarias para ser utilizada como complemento nutricional.
10. Las galletas que mayor aceptación tuvieron fueron las elaboradas con 25% de HMN y 75% de harina de trigo, aunque la diferencia con respecto a la aceptación de las otras formulaciones no es significativa. Todas las muestras fueron calificadas cerca del rango agradable.
11. El pan que mayor aceptación tuvo fue el elaborado con 50% de HMN y 50% de harina de trigo, el de menor aceptación fue el pan elaborado con 75% de HMN y 25% de harina de trigo. Las diferencias organolépticas fueron notables entre estas muestras al igual que las diferencias morfológicas.
12. Para determinar la rentabilidad de este proyecto se consideraron factores tales como consumo de energía eléctrica, combustible y agua, se realizó el cálculo de costos generados para procesar 1.000 kg de materia prima por

día, el costo que mayor impacto tuvo sobre el total fue la mano de obra, seguido por la inversión a realizarse en equipos y construcción, luego por la materia prima.

13. El proceso que mayor demanda de mano de obra presentó fue el pelado, en donde se estimó un requerimiento de 22 operarios.

14. El análisis financiero realizado dio como resultado una TIR de 28% y un VAN de USD 224.771,67.

## **4.2 RECOMENDACIONES**

1. El proceso para la obtención de harina de semilla del árbol de pan a nivel de planta piloto no permite la asepsia necesaria para la obtención de un producto inocuo, por lo que se recomienda realizar todas las etapas del proceso en condiciones asépticas para evitar cualquier tipo de contaminación y el posterior deterioro prematuro del producto.
2. Se debe promover la investigación mediante la cual se pueda aprovechar otras propiedades del árbol de pan además del alimento como son: materiales de construcción, medicina, goma de pegar, repelente de insectos y comida para animales.
3. Uno de los cuellos de botella en el proceso de elaboración de harina de las semillas del árbol de pan, fue el pelado de las mismas, por lo que se sugiere realizar ensayos para definir un proceso más rápido y eficiente de pelado antes de desarrollar procesos industriales que utilicen la semilla.
4. Al producto obtenido mediante el secado por rodillos se le puede adicionar saborizantes y obtener así un producto final con textura similar a la de una lámina fina lista para el consumo, el cual a su vez puede ser utilizado en preparación de papillas para infantes o como alimento para el desayuno.

5. Se recomienda probar la harina obtenida de las semillas del árbol de pan en la elaboración de los alimentos típicos de la región donde se cultiva.
  
6. Existen componentes presentes naturalmente en los alimentos que pueden interferir en la biodisponibilidad de otros nutrientes, y a largo plazo causar anomalías fisiológicas/anatómicas, por esta razón se recomienda realizar un análisis de antinutrientes en la harina de las semillas del árbol de pan.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Acero, L., 1998, "Guía para el cultivo y aprovechamiento del Árbol del Pan (*Artocarpus altilis*) (Park.) Fosberg", Convenio Andrés Bello, SECAB, Ciencia y Tecnología No. 72, [http://www.ecoaldea.com/plmd/arbol\\_pan.htm](http://www.ecoaldea.com/plmd/arbol_pan.htm) (Marzo 2009).
2. Anzaldúa, M., 1998, "La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica", Editorial ASCRIBIA, S.A., Zaragoza, España.
3. A.O.A.C., 2007, Official Methods of Analysis, Chapter 32-39.
4. Barrau, J., 1959, "Investigation to Extend Season of Breadfruit Yield", South Pac. Comm. Quart. Bull, pp.4 (4) 20, 40.
5. Bennett, F. y Nozzolillo C., 1987, " How many seeds in a seeded Breadfruit, *Artocarpus altilis*", Economic Botany, Vol. 41, No. 3, pp. 370, 374.
6. Breadfruit Institute, "Uses of the Tree", <http://www.ntbg.org/breadfruit/uses/tree1.php>, (Marzo 2009).
7. Comité de Nutrición de la Sociedad Uruguaya de Pediatría, 2004, "Guías de alimentación del niño preescolar y escolar", [http://www.sup.org.uy/Descarga/adp75-2\\_10.pdf](http://www.sup.org.uy/Descarga/adp75-2_10.pdf), (Abril 2010).
8. Coronel, R., 1983, "Promising Fruits of the Philippines", College of Agriculture, University of the Philippines at Los Baños, pp. 379, 369.
9. Cubero, N., Monferrer, A. y Villalba J., 2002, "Tecnología de Alimentos. Aditivos Alimentarios", Primera edición, Coedición A. Madrid Vicente – Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España, pp. 80, 81.

10. De Bravo, E., Graham, H. y Padovani, M., 1983, "Composition of the Breadfruit (seeded breadfruit). Carib. J. Sci., pp. 27, 32.
11. Dergal, S., 2006, "Química de los Alimentos", Cuarta edición, Pearson Educación de México, Naucalpan de Juárez, Estado de México, pp. 282, 295.
12. FAO, 2006, "Fruta de Pan (*Artocarpus altilis*)", <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/AE620s/Pfrescos/FRUTADEPAN.HTM> (Marzo 2009).
13. Hidalgo, M., 2003, "Nutrición en la edad preescolar, escolar y adolescente", [http://www.sepeap.org/imagenes/secciones/Image/\\_USER\\_/Nutricion\\_edad\\_preescolar\(1\).pdf](http://www.sepeap.org/imagenes/secciones/Image/_USER_/Nutricion_edad_preescolar(1).pdf) (Abril 2010).
14. Instituto de Nutrición de Centro América, 1961, "Tabla de Composición de Alimentos para Uso en América Latina", pp. 17-19, 769, 770.
15. Jansen, G. y Harper, J., 1985, "A Simplified Procedure for Calculating Amino-Acid Scores of Blended Foods or Dietary Patterns", The United Nations University, Food and Nutrition Bulletin, Vol. 7, No.4, pp. 65, 68.
16. Kristy, 1970, "Cocinemos con Kristy", Segunda edición, Editorial del diario El Comercio, Quito, Ecuador, p 459.
17. Lewis, M., 1993, "Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado", Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España, pp. 232.
18. Martin, D., Mayes, P., Rodwell, V. y Granner, D., 1985, "Harper's Review of Biochemistry", 20th Edition, Lange Medical Publications, CA, EEUU, pp. 651, 680.

19. Nagy, S., Shaw, P. y Wardowski, W., 1990, "Fruits of Tropical and Subtropical Origin", Estados Unidos, pp.193, 216.
20. Oshodi, A., Ipinmoroti, K. y Fagbemi T., 1999, "Chemical composition, amino acid analysis and functional properties of breadnut (*Artocarpus altilis*) flour", Federal University of Technology, Department of Chemistry, WAN-Akure, Nigeria.
21. Pamplona, J., 2005, "El poder medicinal de los alimentos", Primera edición, Asociación casa editora sudamericana, Buenos Aires, Argentina, pp. 280, 281.
22. Popenoe, W., 1920, "The Breadfruit and its Relatives", Manual of Tropical and Subtropical Fruits, Hafner Press, New York, pp. 406, 414.
23. Purselove, J., 1968, "Tropical Crops", Longmans, London.
24. Quijano, J. y Arango, G., 1979, "The Breadfruit from Colombia – a detailed chemical analysis." *Economic Botany*, Vol. 33, No. 2 pp.199, 202.
25. Ragone, D., 2006, "*Artocarpus camansi* (breadnut)", <http://www.agroforestry.net/tti/A.camansi-breadnut.pdf>. (Marzo 2009)
26. Reeve, R., 1974, "Histological and Commercial Dehydration Potential of Bradfruit", *Economic Botany*, Vol. 28, No. 1, pp. 82,96
27. Sancho, J., Bota, E. y de Castro, J., 2002, "Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos", Ediciones de la Universidad de Barcelona, Barcelona, España.
28. Souci, S., Fachmann, W., Kraut, H., 1994, "Food Composition and Nutrition Tables", 5<sup>ta</sup> edición, MedPharm Scientific Publishers, Stuttgart, Alemania, pp. 561.

29. Vaclavik, V., 1998, "Fundamento de Ciencia de los Alimentos", Editorial ACRIBIA S. A., Zaragoza, España, pp. 45, 61.
30. Young, V. y El-Khoury, A., 1996, La Prensa de la Universidad de las Naciones Unidas, Boletín de Alimentación y Nutrición, Volumen 17, Número 3, "Humanos necesidades de aminoácidos: A-reevaluación", <http://translate.google.com.ec/translate?hl=es&langpair=en%7Ces&u=http://www.unu.edu/Unupress/food/8F173e/8F173E03.htm>. (Abril 2010)

# ANEXOS

## ANEXO I.

## ELABORACIÓN HARINA DE LAS SEMILLAS DEL ÁRBOL DE PAN



Figura A.1 Fruta madura



Figura A.2 Fruta madura desmenuzada



Figura A.3 Extracción de semillas



Figura A.4 Semillas extraídas



Figura A.5 Cocción de semillas



Figura A.6 Semillas cocinadas



Figura A.7 Semillas cocinadas peladas



Figura A.8 Cáscaras de semillas



Figura A.9 Troceado de semillas



Figura A.10 Semillas troceadas



Figura A.11 Secado de semillas



Figura A. 12 Semillas secas



Figura A.13 Molienda de semillas secas

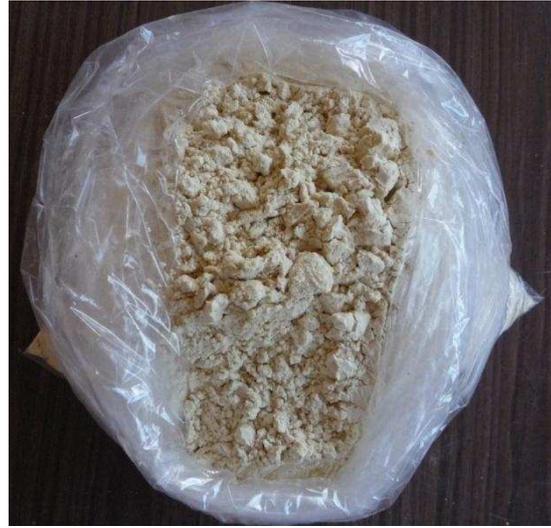


Figura A.14 Harina de semillas



Figura A.15 Molienda semillas húmedas



Figura A.16 Pasta de semillas



Figura A.17 Secado pasta



Figura A.18 Pasta seca

## ANEXO II

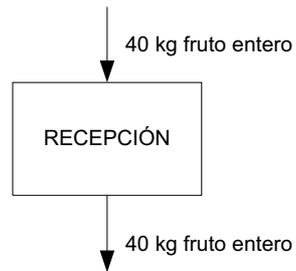
## MEDICIONES FÍSICAS DE LA FRUTA DEL ÁRBOL DE PAN

Fruto	Largo (cm)	Ancho(cm)	Diámetro (cm)	Peso (g)
1	15,00	12,00	40,80	900
2	15,50	12,40	40,50	910
3	17,00	12,60	41,50	1000
4	14,70	13,60	41,20	1000
5	15,60	13,30	42,60	1030
6	17,60	13,80	42,80	1205
7	15,80	12,10	40,00	900
8	16,40	13,10	41,50	1010
9	16,90	14,00	45,80	1400
10	16,80	13,80	42,90	1400
11	16,90	13,70	43,30	1033
12	16,50	13,70	42,50	1190
13	17,60	13,40	42,30	1140
14	17,70	13,20	42,00	1215
15	13,90	12,80	41,20	950
16	15,60	13,00	39,50	925
17	15,50	11,70	38,40	900
18	17,00	13,20	41,00	1150
19	15,60	11,20	38,30	900
20	17,60	13,60	42,70	1208
21	17,30	13,00	42,00	1193
22	15,20	12,00	39,30	932
23	14,80	12,90	41,00	976
24	14,90	13,30	41,20	1000
25	17,30	13,00	40,00	1097
26	17,50	13,20	42,20	1110
27	15,80	13,10	39,90	928
28	16,90	13,80	45,30	1200
29	17,20	12,70	40,10	1075
30	17,50	12,00	39,70	1050

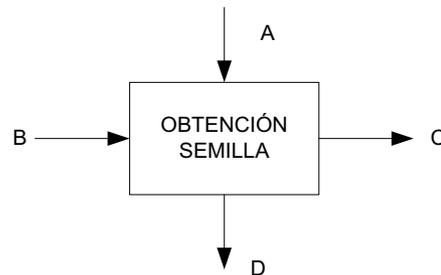
### ANEXO III

## BALANCE DE MASA

#### Recepción



#### Obtención de Semilla



Rendimiento = 50%

$40 \times 0,5 = 20 \text{ kg semilla entera}$

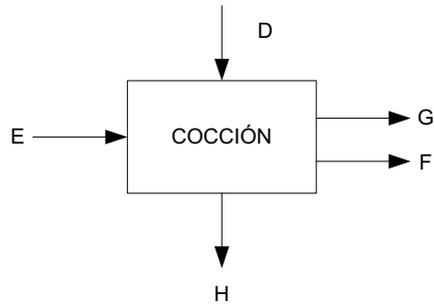
A = 40 kg fruto entero

B = 324 L Agua

C = (324 L Agua) + (20 kg pulpa)

D = 20 kg semilla entera

### Cocción



D = 20 kg de semilla entera

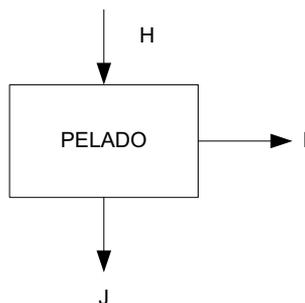
E = 50 L de agua

F = 40 L de agua

G = 7 L de vapor de agua

H = (20 kg de semilla entera) + (3 L de agua)

### Pelado

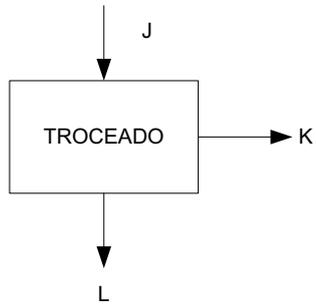


H = (20 kg de semilla entera) + (3 L de agua)

I = 7 kg de cáscara

J = 16 kg semilla comestible

### Troceado

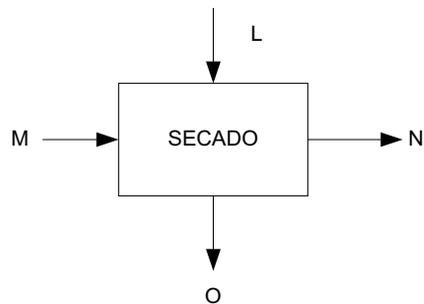


$J = 16$  kg semilla comestible

$K = 0,32$  kg semilla comestible perdida

$L = 15,68$  kg semilla comestible troceada

### Secado Estufa

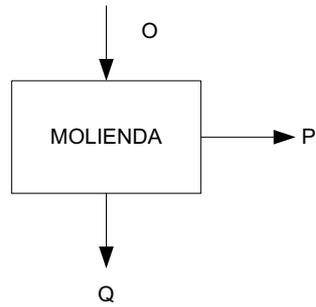


$L = 15,68$  kg semilla comestible troceada

$M =$  Flujo aire seco

$N =$  Flujo aire húmedo

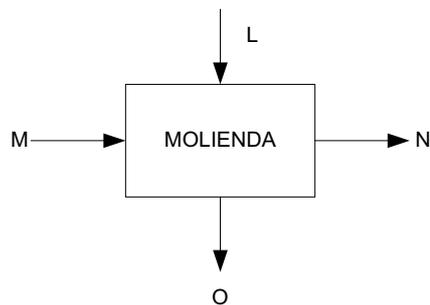
$O = 7$  kg semilla comestible seca

**Molienda Molino Alpine**

O = 7 kg semilla comestible seca

P = 0,14 kg harina semilla perdida

Q = 6,86 kg harina semilla

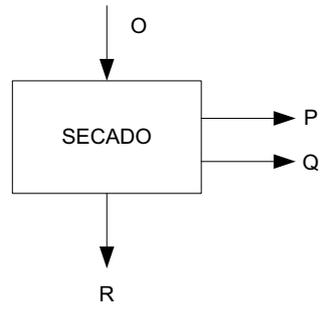
**Molienda Molino Coloidal**

L = 15,68 kg semilla comestible troceada

M = 15 L de agua

N = 0,60 kg pasta perdida

O = 30,08 kg pasta

**Secado Secador de Rodillos**

O = 30,08 kg pasta

P = 0,60 kg pasta perdida

Q = 22,97 kg vapor agua

R = 6,51 kg harina semilla

## ANEXO IV

### REQUERIMIENTO DE ENERGÍA

#### **Energía de Calentamiento**

$$Q = m \times Cp \times \Delta T$$

Donde:

Q = calor requerido

m = masa

Cp = calor específico

$\Delta T$  = variación de temperatura (° final - ° ambiente)

#### **Energía requerida para calentar agua durante la cocción**

Datos:

$$m_{\text{agua}} = 50 \text{ kg}$$

$$Cp_{\text{agua}} = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$\Delta T = (120 - 16) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = 50 \text{ Kg} \times 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}} \times 104 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = 21736 \text{ kJ}$$

#### **Energía requerida para calentar las semillas durante la cocción**

Datos:

$$m_{\text{semilla}} = 20 \text{ kg}$$

$$Cp_{\text{semilla}} = 3,02 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$\Delta T = (115 - 16) \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = 20\text{Kg} \times 3,02 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \text{ } ^\circ\text{C}} \times 99 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q = 5979.6 \text{ kJ}$$

### Cálculo Cp semilla

$$Cp \text{ semilla} = (X_{\text{agua}} Cp_{\text{agua}}) + (X_{\text{carbohidratos}} Cp_{\text{carbohidratos}}) + (X_{\text{proteína}} Cp_{\text{proteína}}) \\ + (X_{\text{ceniza}} Cp_{\text{ceniza}}) + (X_{\text{grasa}} Cp_{\text{grasa}}) + (X_{\text{fibra}} Cp_{\text{fibra}})$$

Donde:

$X_a$  = fracción de a

$Cp_a$  = calor específico de a (kJ/kg °C)

Parámetro	Porcentaje	Cp Parámetro* kJ/kg °C	Cp Alimento** kJ/kg °C
Humedad	59,31	4,18	2,48
Carbohidratos	25,17	1,44	0,36
Proteína	5,15	1,6	0,08
Ceniza	1,64	0,8	0,01
Grasa	3,65	0,32	0,01
Fibra	5,07	1,46	0,07
Total	99,99		3,02

(\*Lewis, 1993)

\*\* Cálculo

### Energía requerida para eliminar agua durante secado

$$Q = m \times C \text{ latente evaporación}$$

Datos:

$$m_{\text{agua eliminar}} = 8.68 \text{ kg}$$

$$C_{\text{latente evaporación}} = 2,257 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q = 8.68 \text{ kg} \times 2,257 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$Q = 19,59 \text{ kJ}$$

## ANEXO V

### RECETAS ELABORACIÓN DE GALLETAS Y PAN

#### Elaboración de Galletas

Cierna las harinas con el polvo de canela, agregue el azúcar y la mantequilla, mezcle hasta formar una masa lisa y laborable. Extienda la masa con mucho cuidado, corte las galletitas y ponerlas en horno suave hasta dorarlas ligeramente. (Kristy, 1970)

#### Elaboración de Pan

1. Mezcle la levadura, media taza de agua tibia, media taza de harina, una cucharada de azúcar y la sal. Esta mezcla se deja leudar durante 30 minutos.
2. Después de obtener la mezcla leudada, agregue el resto de los ingredientes: 3 huevos, harina, azúcar, agua tibia y la mantequilla; hasta obtener una masa laborable.
3. Con la masa laborable forme las porciones de masa que van a dar origen al pan y se las coloca en la bandeja donde van a ser horneadas. A estas porciones se las deja en reposo durante 30 minutos.
4. Introduzca las porciones en el horno hasta dorarlas ligeramente. (Kristy, 1970)

## ANEXO VI

### ENCUESTAS

#### ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

#### PRUEBAS DE MEDICIÓN DE GRADO DE SATISFACCIÓN

Instrucciones: Pruebe las muestras de galleta que se presentan e indique, **según la escala**, cuanto le agrada/desagrada cada una, marque una “X” donde corresponda.

	HMN 0	HMN 1	HMN 2
Extremadamente agradable			
Muy agradable			
Agradable			
Ligeramente agradable			
Ni agradable ni desagradable			
Ligeramente desagradable			
Desagradable			
Muy desagradable			
Extremadamente desagradable			

Comentarios:.....  
 .....  
 .....

Muchas Gracias

## ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## PRUEBAS DE MEDICIÓN DE GRADO DE SATISFACCIÓN

Instrucciones: Pruebe las muestras de galleta o pan, que se presentan e indique, **según la escala**, cuanto le agrada/desagrada cada una, marque una “X” donde corresponda.

	HSP01	HSP02	HSP03	HSP04
Extremadamente agradable				
Muy agradable				
Agradable				
Ligeramente agradable				
Ni agradable ni desagradable				
Ligeramente desagradable				
Desagradable				
Muy desagradable				
Extremadamente desagradable				

Comentarios:.....  
 .....  
 .....

Muchas Gracias

## ANEXO VII

### VALORES NUTRICIONALES

Galleta con 50% mezcla nutritiva y 50% de harina de trigo, porción de 8 gramos.

<b>INFORMACION NUTRICIONAL DE LA RECETA</b>					
Lo números en rojo indican valores incompletos (en algunos alimentos de la receta no se dispone de información acerca de ese nutriente en particular).					
	Cantidad por ración	Porcentaje (%) del requerimiento diario			
		Plan A 1500 cal	Plan B 2200 cal	Plan C 2500 cal	Plan D 3000 cal
Calorias	14,34 cal.	1,0%	0,7%	0,6%	0,5%
Proteinas	0,70 gr.	1,1%	0,8%	0,7%	0,6%
Hidratos de Carbono	0,25 gr.	0,1%	0,1%	0,1%	0,1%
Azucar Libre:	150,00 gr. 67,5 cal.	45,0%	30,7%	27,0%	22,5%
Fibra	0,04 gr.	0,2%	0,1%	0,0%	0,0%
Alimentos del Grupo Grasas	384,10 cal.	85,4%	58,2%	51,2%	42,7%
Grasas totales	1,18 gr.	3,9%	2,4%	2,1%	1,7%
saturadas	0,52 gr.	5,2%	3,1%	2,8%	2,2%
moninsaturadas	0,48 gr.	4,8%	2,9%	2,6%	2,1%
poliinsaturadas	0,10 gr.	1,0%	0,6%	0,5%	0,4%
Eq. Retinol	0,25 meq.	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Calcio	2,14 mg.	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%
Hierro	0,07 mg.	0,4%	0,3%	0,3%	0,2%
Sodio	6,59 mg.	0,3%	0,3%	0,3%	0,3%
Zinc	0,05 mg.	0,7%	0,5%	0,5%	0,5%

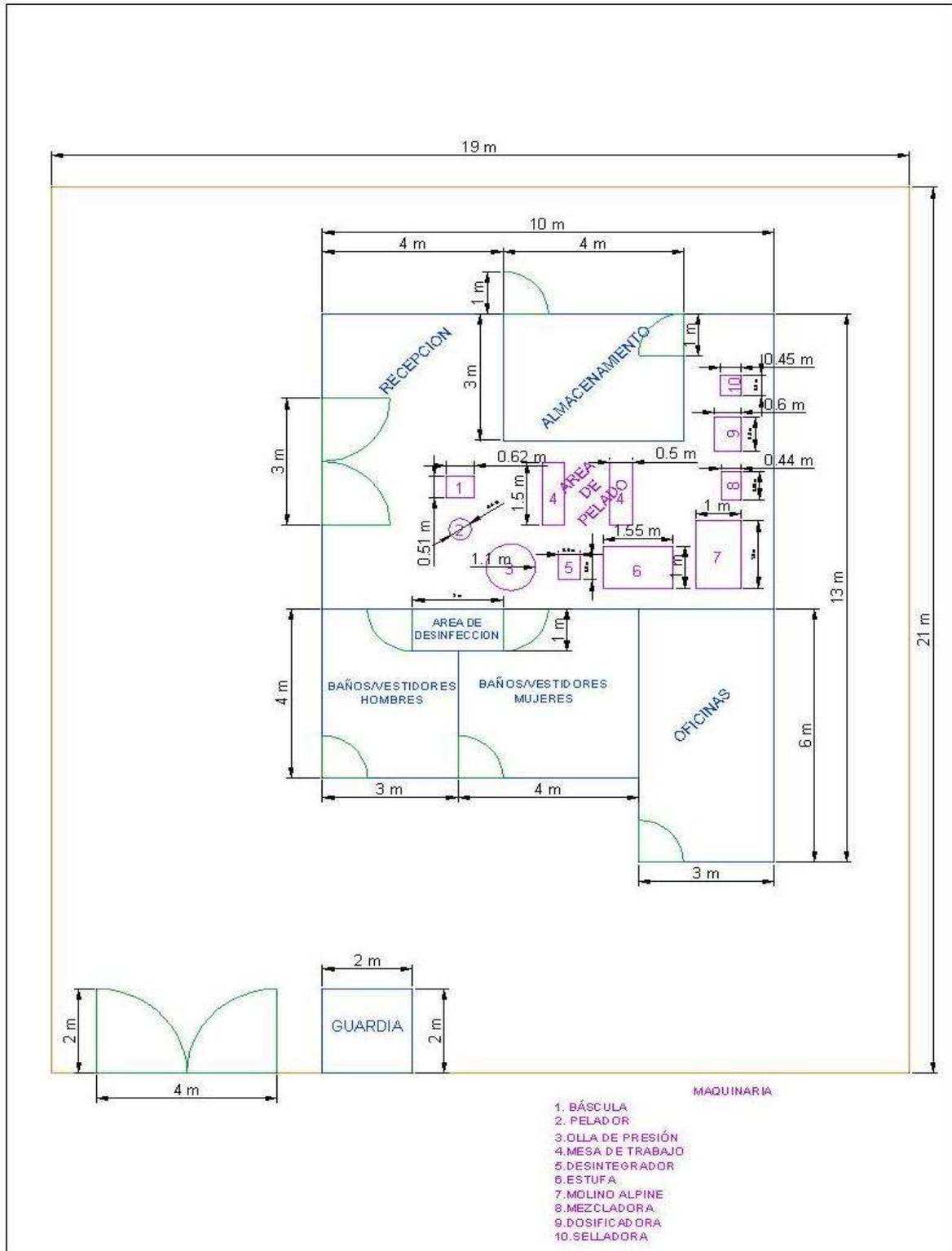
Pan con 50% de mezcla nutritiva y 50% de harina de trigo, porción de 15 gramos.

INFORMACION NUTRICIONAL DE LA RECETA						
Lo números en rojo indican valores incompletos (en algunos alimentos de la receta no se dispone de información acerca de ese nutriente en particular).		Cantidad por ración	Porcentaje (%) del requerimiento diario			
			Plan A 1500 cal	Plan B 2200 cal	Plan C 2500 cal	Plan D 3000 cal
Calorias		27,79 cal.	1,9%	1,3%	1,1%	1,0%
Proteinas		0,92 gr.	1,4%	1,0%	0,9%	0,8%
Hidratos de Carbono		0,76 gr.	0,3%	0,2%	0,2%	0,2%
Azucar Libre:	113,00 gr.	38,42 cal.	25,6%	17,5%	15,4%	12,8%
Fibra		0,13 gr.	0,6%	0,4%	0,0%	0,0%
Alimentos del Grupo Grasas		95,19 cal.	21,2%	14,4%	12,7%	10,6%
Grasas totales		2,37 gr.	7,9%	4,7%	4,2%	3,4%
saturadas		1,07 gr.	10,7%	6,4%	5,8%	4,6%
moninsaturadas		0,98 gr.	9,8%	5,9%	5,3%	4,2%
poliinsaturadas		0,18 gr.	1,8%	1,1%	0,9%	0,8%
Eq. Retinol		1,46 meq.	0,2%	0,1%	0,1%	0,1%
Calcio		6,78 mg.	0,8%	0,7%	0,6%	0,5%
Hierro		0,18 mg.	1,0%	0,7%	0,6%	0,5%
Sodio		12,32 mg.	0,5%	0,5%	0,5%	0,5%
Zinc		0,07 mg.	0,9%	0,7%	0,7%	0,7%

**ANEXO VIII**  
**DIMENSIONAMIENTO DE LA PLANTA**

<b>EQUIPO</b>	<b>#</b>	<b>CAPACIDAD</b>	<b>POTENCIA (kW)</b>	<b>\$</b>	<b>LARGO (m)</b>	<b>ANCHO (m)</b>	<b>DIÁMETRO (m)</b>
Báscula	1	600 kg		350	0,62	0,51	
Pelador	1	200 (kg/h)	0,6	700			1,00
Olla a presión	1	200 L	0	1500			1,10
Mesa trabajo	2			600	1,50	0,50	
Desintegrador	1	500 (kg/h)	3,73	2950	0,60	0,50	
Estufa	1	600 (kg/día)	45	20000	1,55	1,00	
Molino Alpine	1	1000 (kg/h)	6	20200	1,60	1,00	
Mezcladora	1	150 (kg/h)	1,5	1000	0,66	0,44	
Dosificadora	1	100 - 500 g	0,6	6800	0,80	0,60	
Selladora / Empacadora	1	12 (m/s)	0,6	2800	0,50	0,45	

<b>CONSTRUCCIONES</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>CANTIDAD (m<sup>2</sup>)</b>
Planta	Mampostería ladrillo, piso de baldosa, puerta y ventanas	70
Oficinas	Paredes enlucidas y pintadas, cielo raso falso, piso de parquet	18
Parqueadero y Aceras	Bloque alivianado enlucido y pintado	114
Vestidores y Baños	Paredes de azulejo, piso de baldosa y accesorios	28
Guardianía	Mampostería ladrillo y piso de cemento	4
Cerramiento (m)	Mampostería de ladrillo	80



**ANEXO IX**  
**DETALLE DE INVERSIONES**

**INVERSIÓN FIJA**

		<u>Valor</u> (Dólares)	<u>%</u>
Terrenos y construcciones	S/	25.556	19,28
Maquinaria y equipo	S/	91.180	68,81
Otros activos	S/	9.472	7,15
	<u>SUMAN</u>	S/ 126.208	95,24
Imprevistos de la inversión fija	<u>%</u> 5,0	S/ 6.310	4,76
	<u>TOTAL</u>	S/ 132.518	100,00

**OTROS ACTIVOS**

<u>DENOMINACIÓN</u>		<u>Dólares</u>
Muebles de oficina	S/	770
Constitución de la sociedad	S/	1.500
Equipos de computación	S/	2.500
Stock de repuestos	S/	1.200
Imprevistos 3%	S/	3.502
	<u>TOTAL</u>	S/ 9.472

### CAPITAL DE OPERACIÓN

#### EGRESOS

<u>DENOMINACIÓN</u>	<u>Tiempo</u> (meses)	<u>Dólares</u>	
Material Directos	2	S/	9.887
Mano de Obra Directa	2	S/	18.746
Carga Fabril *	2	S/	6.040
Gastos de administración*	2	S/	11.077
Gastos de venta	2	S/	2.293
<u>TOTAL</u>		S/	48.044

#### INVERSIONES

	<u>Valor</u> (Dólares)	<u>%</u>
Inversión fija	S/ 132.518	73,39
Capital de operaciones	S/ 48.044	26,61
<u>INVERSIÓN TOTAL</u>	S/ 180.562	100,00
<u>CAPITAL PROPIO</u>	S/ 50.000	27,69
<u>FINANCIAMIENTO</u>	S/ 130.562	72,31

**ANEXO X**  
**COSTOS DE PRODUCCIÓN DE HMN Y VENTAS PROYECTADAS**  
**AÑO 1**

**COSTOS DE PRODUCCIÓN**

	<u>Dólares</u>	<u>%</u>
Materiales directos	S/ 118.645	42,145
Mano de obra directa	S/ 112,478	39,954
Carga fabril		
a) Mano de obra indirecta	S/ 20.206	7,177
b) Materiales indirectos	S/ 342	0,121
c) Depreciación	S/ 13.479	4,788
e) Suministros	S/ 9.364	3,326
d) Reparación y mantenimiento	S/ 3.322	1,180
f) Seguros	S/ 2.215	0,787
g) Imprevistos	S/ 1.468	0,521
<b><u>TOTAL</u></b>	<b>S/ 281.518</b>	<b>100,000</b>

**VENTAS NETAS**

<u>PRODUCTO (S)</u>	AÑO 1		
	<u>Cantidad</u>	<u>Valor Unitario</u> (Dólares)	<u>Valor Total</u> (Dólares)
Mezcla Nutritiva 500 g	100.320	S/. 4,00	S/401.280

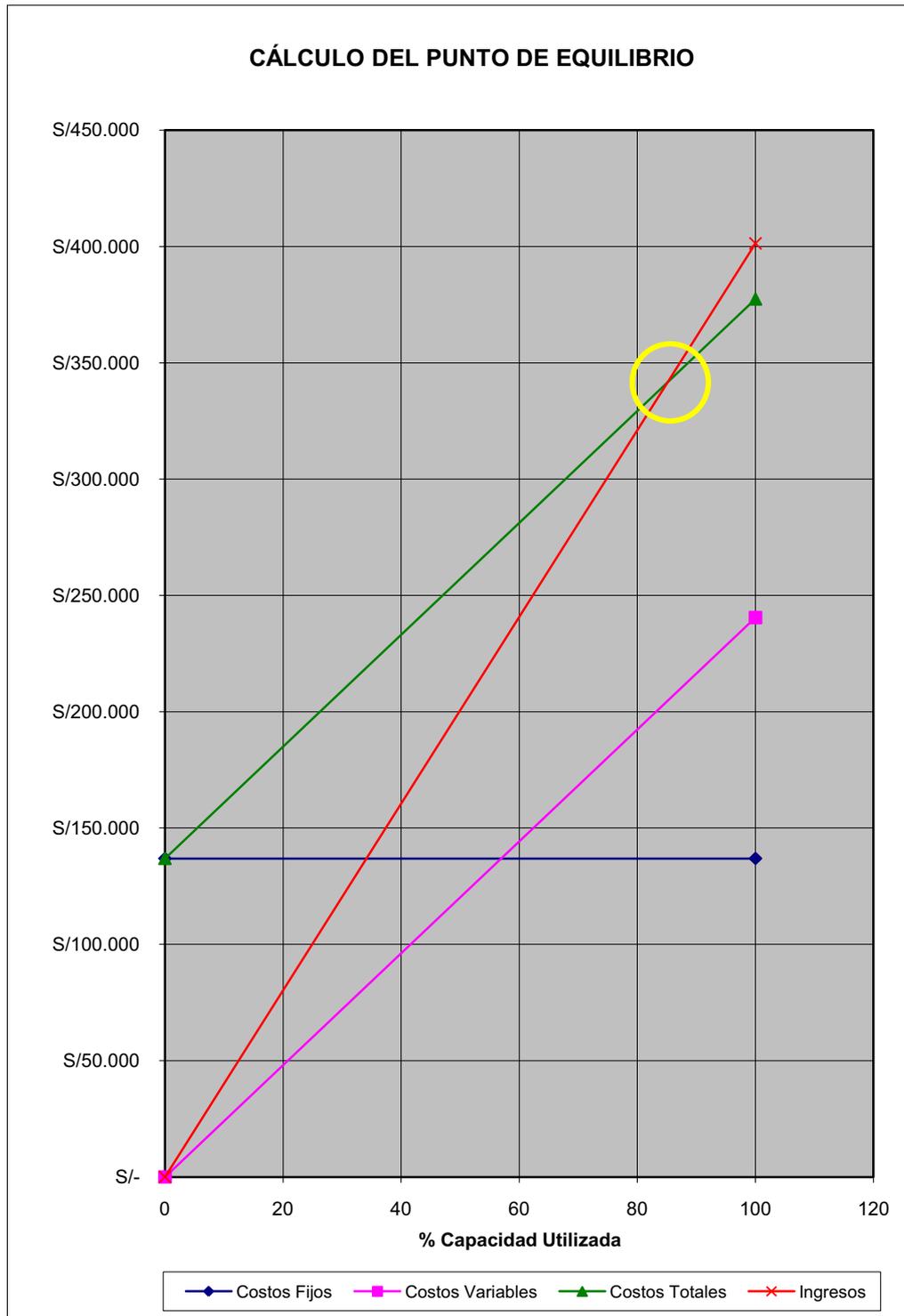
PORCENTAJE VENDIDO 95%

**TOTAL** S/401.280

**ANEXO XI**  
**CÁLCULO DEL PUNTO DE EQUILIBRIO**

**PUNTO DE EQUILIBRIO**

	<u>Costos Fijos</u> (Dólares)		<u>Costos Variables</u> <u>Totales (Dólares)</u>
<u>Materiales Directos</u>		S/	118.645
<u>Mano de Obra Directa</u>		S/	112.478
<u>Carga Fabril</u>			
Mano de obra indirecta	S/	20.206	
Materiales indirectos	S/	342	
Depreciación	S/	13.479	
Suministros			S/ 9.364
Reparaciones y mantenimiento	S/	3.322	
Seguros	S/	2.215	
Imprevistos	S/	1.468	
Gastos de ventas	S/	13.758	
Gastos administración, generales	S/	66.463	
Gastos financieros	S/	15.667	
<u>TOTAL</u>	S/	136.920	S/ 240.487
Punto de Equilibrio (%)		85,15	



## ANEXO XII

### CÁLCULO TIR Y VAN

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión Inicial (Cuadro 1)	180562										
<b>TOTAL INGRESOS (Anexo C)</b>	401280	449434	494377	567298	607008	637359	662853	715881	730199	737501	737501
<b>EGRESOS</b>											
Costos de producción (Anexo D)	281518	292216	303320	314846	326810	339229	352120	365500	379389	393806	393806
Gastos de ventas (Anexo E)	13758	14281	14823	15387	15971	16578	17208	17862	18541	19246	19246
Gastos administrativos y generales (Anexo F)	66463	68989	71611	74332	77156	80088	83132	86291	89570	92973	92973
Gastos de financiamiento (Amortización)	36219	36219	36219	36219	36219	36219	0	0	0	0	0
<b>TOTAL EGRESOS</b>	397959	411705	425973	440784	456157	435896	452460	469653	487500	487500	506025
Utilidad antes de reparto a trabajadores	3321	37729	68404	126514	150851	201463	210393	246228	242699	231476	231476
Reparto de utilidades (15%)	498	5659	10261	18977	22628	30219	31559	36934	36405	34721	34721
Utilidad antes de impuestos	2823	32070	58143	107537	128223	171243	178834	209294	206294	196754	196754
Impuesto a la renta (25%)	706	8017	14536	26884	32056	42811	44709	52323	51573	49189	49189
Utilidad del ejercicio	2117	24052	43607	80653	96168	128433	134126	156970	154720	147566	147566
Reserva Legal (10%)	212	2405	4361	8065	9617	12843	13413	15697	15472	14757	14757
<b>Utilidad neta</b>	1906	21647	39247	72587	86551	115589	120713	141273	139248	132809	132809
	-180562										

<b>TIR</b>	<b>28%</b>
<b>VAN</b>	<b>224.771,67</b>